[PF]

PROGRAMM

35573
1

der

höheren Gewerbschule in Cassel.

Schuljahr Michaelis 1845 — 1846.

CASSEL.
Druck von Theodor Fischer.

85578.

CASSEL. Höhere Gewerbschule

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

Uebersicht der Electricitätslehre.

I. Gleichgewicht.

A. Spannungselectricität.

1) Erregung und allgemeine Erscheinungen.
2) Das Verhalten electrisirter Körper gegen
   a) nicht electrisirte; die Unterscheidung in Leiter, Halbleiter und Nichtleiter.
   b) electrisirte; die Unterscheidung in $\pm E$. Hypothetische Ansicht; Electrisirmaschine Fig. 1.
3) Messung der electrischen Spannung und die Resultate, zu denen man durch die Messung gelangt ist. — Coulomb'sche Drehwage Fig. 2, Probescheibchen.
   a) Die Messung durch die Torsion des Fadens, wenn man den beiden Kügelchen a und b gleichnamige Electricität mitgetheilt hat. Bezeichnet p die Torsionskraft des Fadens für 1° Drehung und ap für $a°$ Drehung, so ist $\frac{ap}{\cos b\,df} = \frac{ap}{\cos {}^1/_2\,a}$ Fig. 3 der Theil der Torsionskraft nach der Richtung db, welcher mit der electrischen Abstossung in der Entfernung $db = 2\,dc \sin {}^1/_2\,a = 2\,l \sin {}^1/_2\,a$ im Gleichgewichte steht.

   Durch Drehung an dem Puncte g können wir die beiden electrisirten Körper a und b nähern. Gesetzt die gemachte Drehung betrage $\beta°$ und der Winkel a wäre auf $\alpha°$ herabgesunken, so würde die Torsion des Fadens $(\alpha + \beta)°$ und die Abstossungskraft nach der Richtung der Schne $\frac{\alpha+\beta}{\sin {}^1/_2\,\alpha}\,p$ auf die Entfernung $2\,l \sin {}^1/_2\,\alpha$ betragen. Durch die Vergleichung dieses

Resultates mit dem obigen erhält man $\frac{\alpha+\beta}{\sin \frac{1}{2}\alpha} p : \frac{ap}{\sin \frac{1}{2} a} = (2l \sin \frac{1}{2}a)^2 : (2l \sin \frac{1}{2}\alpha)^2$.

b) Die Messung durch Schwingungsversuche, wenn man den Körpern a und b ungleichnamige Electricität ertheilt hat. Die Nadel schwingt vor dem festen Körper und zwar verhalten sich bei verschiedenen Entfernungen die Schwingungsdauern direct wie die Quadrate der Entfernungen; die Schwingungsdauern verhalten sich aber auch umgekehrt wie die Kräfte, also auch die electrischen Kräfte umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.

c) Die Anziehungen und Abstossungen bei derselben Entfernung stehen im Verhältniss der Quantitäten der auf einander wirkenden Electricität. — Man untersucht eine electrische Kugel und hierauf dieselbe von Neuem, wenn man sie mit einer gleich grossen anderen in Berührung gehabt hat.

d) Die Electricität haftet nur auf der Oberfläche und in einer sehr geringen unmessbaren Tiefe. — Zwei hohle Kugeln und eine gleich grosse massive Kugel; ein auf einen isolirten Cylinder aufgewickeltes Metallband Fig. 4. Der Grund ist in der Abstossung, die sich auf jeden beliebigen Punct im Innern aufhebt, zu suchen. Die äusseren electrischen Schichten leisten Widerstand, sobald die schlechte Leitung der Luft das weitere Verbreiten verhindert. Daher die geringe Tiefe der electrischen Schichte zur Oberfläche hinein.

e) Das Gesetz für die Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche erhält man durch Vergleichen der Electricitätsmengen je zweier Puncte. Zur Vermeidung des Electricitätsverlustes wegen unvollkommener Isolirung sucht man die Spannung ε des Punctes A und nach t Zeitsec. die Spannung e des Punctes B und wieder nach t Zeitsec. die Spannung ε_1 des Punctes A, setzt als Spannung des Punctes A $\frac{\varepsilon+\varepsilon_1}{2}$ und des Punctes B e an. Spitzen, Schlagweite, Ausströmen, durch das Ausströmen hervorgebrachte Bewegungen.

4) Electrisiren durch Vertheilung. A ein electrisch isolirter Conductor, Fig. 5, B eine Glastafel, $a\,b$ ein an den Enden abgerundeter, mit einer isolirten Handhabe und Electrometern an Leinenfäden versehener Draht. Untersuchung des Zustandes der Electrometer mittelst einer geriebenen Glasstange, des Drahtes selbst durch ein an einem Seidenfaden hängendes Hollundermarkkügelchen und endlich durch einen kleinen Draht, der alle freie Electricität abführt und für b am kleinsten ist.

A und B, Fig. 6, seien zwei mit Electrometern versehene isolirte Metallplatten. Ist B entfernt und man ertheilt A Electricität, so gewinnt diese eine Spannung ε, welche

gleich ist der Spannung der Electricitätsquelle; befindet sich B in der Nähe und in Berührung mit dem Erdboden, so wird auf A noch ausser der vorigen Menge ein Theil Electricität gebunden, welcher, wenn er frei wäre, die Spannung ε' haben würde, ebenso ist auf B ein Theil gebundene Electricität, deren Spannung, wenn die Berührung mit dem Erdboden aufgehoben und sie frei wäre, e betragen würde. Es ist nun $\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$ constant und ebenso $\frac{\varepsilon}{e}$ const. Hieraus folgt, dass $\frac{e}{\varepsilon + \varepsilon'} = \frac{e}{E} = m$ gleich einer constanten Grösse ist.

Ist die Verbindung von A mit der Quelle und B mit der Erde aufgehoben und man berührt A, so findet sieh auf B freie und gebundene Electrieität und es ist wieder $\frac{\varepsilon'}{e} = m$; $\varepsilon' = m\,e$. Es ist ferner $\varepsilon + \varepsilon' = E$ oder $\varepsilon + m\,e = E$ oder $\varepsilon + m^2 E = E$, also $\frac{E}{\varepsilon} = \frac{1}{1 - m^2}$ gleieh der condensirenden Kraft des Instrumentes. —

Um m zu erhalten misst man naeh der Ladung ε, berührt hierauf A und misst die Spannung ε'' der freien Electricität auf B und hat:

$$\frac{E}{\varepsilon} = \frac{1}{1 - m^2} \text{ und } \frac{e}{\varepsilon''} = \frac{1}{1 - m^2} \text{ und mithin}$$

$$\frac{E}{\varepsilon} = \frac{e}{\varepsilon''};\quad \frac{\varepsilon''}{\varepsilon} = \frac{e}{E} = \frac{m\,E}{E} = m.$$

5) Anwendungen.

a) Die versehiedenen Arten Eleetrometer, der Condensator, Bennets Multiplicator, Fig. 7, 8, 9.

b) Franklin'sehe Tafel Fig. 10, Leidner Flasehe, electrische Batterie, Auslade-Electrometer Fig. 11, das Messen der Electricitätsmenge während des Ladens mittelst des Auslade-Electrometers.

e) Eleetrophor.

B. Berührungseleetricität.

1) Erregung, Spannungsreihe.

a) Für die festen Erreger

Zink (5), Blei (1), Zinn (3), Cadmium, Eisen, Wismuth, Arsenik, Spiessglanz (2), Kupfer (1), Palladium, Platin, Silber, Gold, Kohle, Graubraunsteinerz. — Gesetz dieser Reihe.

b) Die Erregung zwischen festen und flüssigen Leitern; die Art sich hiervon zu überzeugen. — Die Erregung ist im Allgemeinen schwach und die Metalle stehen gewöhnlich gegen die Flüssigkeiten ausser gegen die Schwefelleber-Auflösungen in umgekehrter Ordnung. Zink ist z. B. gegen verdünnte Salpeter- oder Schwefelsäure am negativsten.

2) Begriff einer Säule:

a) trockene oder zambonische Säule; Bohnenbergers Goldblattelectrometer Fig. 9.

b) hydroelectrische Säule:

α) mit einer Flüssigkeit: Volta'sche Säule Fig. 12, Becherapparat Fig. 13, 14, Trogapparat Fig. 15. (Die Platten sind auf einander gelöthet).

β) Apparate mit zwei neben einander geschiehteten, durch ein Diaphragma getrennten Flüssigkeiten: Kohlenapparat Fig. 16, Grovesche Säule Fig. 17.

C. Thermoelectricität.

1) Thermoelectrische Erregung. Nachweisung derselben. Die Thermoelectrische Reihe, wenn man die erwärmte Löthstelle als die Erregung und das Metall, wohin der Strom fliesst, als das positive betrachtet, ist mit dem negativen beginnend: Wismuth, Nickel, Kobalt, Palladium, Platin, Uran, Kupfer, Silber, Zink, Eisen, Antimon.

Das Gesetz heisst: Die Intensität des electrischen Stromes zweier beliebigen Glieder in der Reihe ist gleich der Summe der Intensitäten aller zwischenliegenden Glieder bei derselben Temperaturdifferenz. Legierungen, leichtflüssige Legierungen nach der ersten und zweiten Erkaltung; der verschiedene Zustand bei langsamer und plötzlicher Erstarrung. In einem Antimonringe tritt der Theil, welcher durch schnelle Abkühlung ein feinkörniges Gefüge erhalten hat, als negatives Metall und der Theil, welcher durch langsames Erstarren ein strahlig sternförmiges Gefüge erhalten hat, als positives Metall auf.

2) Die Erregung in Bezug auf die verschiedene Temperaturdifferenz. Die Intensität wächst nicht proportional der Temperaturdifferenz, aber zwischen zwei Temperaturgrenzen, z. B. die eine Lothstelle 50° C. und die andere 80° C., ist sie dieselbe, mag man sie unmittelbar oder aus einer Summe oder Differenz suchen.

3) Die Erregung zwischen einem heissen und kalten Metalle.

a) In gleichen Metallen:

α) bei Platin, Gold, Silber, Kupfer, Niekel läuft der Strom mit der Wärme;

β) bei Zink, Blei, Zinn, Eisen, Merkur, Arsenik, Antimon, Wismuth der Wärme entgegen;

γ) die verschiedene Fortpflanzung der Wärme in einem Kupferdrahte.

b) In verschiedenen Metallen: heisses Wismuth ist gegen alle Metalle negativ, nur gegen kaltes Wismuth positiv.

4) Spannungselectricität in schlechten Leitern, Crystalle, Turmalin.

6) Thermoelectrische Säule Fig. 18.

II. Bewegung der Electricität.

A. Betrachtung des Stromes im Allgemeinen.

1) Wenn ein electrisirter Körper isolirt ist, so zeigt sich Spannung, und wenn er in Berührung mit einem Leiter kommt, so tritt Bewegung ein.

2) Wenn zwei Körper oder zwei Quellen von entgegengesetzter Electricität mit einander verbunden werden, so ist zu betrachten:

a) die Verbindung, der Widerstand und die Spannung in der Verbindung.

b) die Unterscheidung des Stromes nach

α) Quantität und Intensität;

β) nach der Zeitdauer; momentaner — mehr dauernder — beinahe continuirlicher und continuirlicher Strom.

c) die Kraft des Stromes $K = \frac{nP}{np + q + s + \mu}$. P ist die Erregung eines Elementes, p der Widerstand desselben u. s. f. Kann $q + s + \mu$ gegen np verschwindend klein werden?

d) die Geschwindigkeit. Ist bc, Fig. 19, ein um die senkrechte Axe b drehbarer Spiegel, o ein Object, a das Auge und der Spiegel kommt in die Lage bd, so ist $\alpha = 2\gamma$. Macht der Spiegel in einer Secunde a Umläufe, Fig. 20, $= 360\,a$ Grad, so macht das Bild im Auge $2 \cdot 360 \cdot a$. Macht das Bild im Auge während der Leuchtungsdauer nur $b°$, so hat es nur $\frac{b}{2 \cdot 360\,a}$ Zeitsec. existirt. Hat der electrische Funke eine Dauer?

Bewegt sich das Object während der Drehung des Spiegels parallel mit der Axe desselben, so ist dieses nicht mit dem Bilde der Fall. Welche Zeitdauer ist für das Fortschreiten nöthig?

Bleibt das Object zwar an seiner Stelle, aber es ist ein intermittirendes Phänomen; welche Zeitdauer liegt dazwischen?

Die Geschwindigkeit der Electricität in einem Kupferdrahte zu finden. Funkenbrett Fig. 20, *a*. Die Geschwindigkeit beträgt 288000 engl. Meilen.

B. Die Erscheinungen in dem Strome oder der Schliessungskette.

A. Physiologische Erscheinungen.

Die durch die Electricität bewirkten Stösse und Erschütterungen sind wahrscheinlich eine Folge der Zerlegung und Zusammensetzung in den Organen des Körpers, sowie die durch den Strom entstehenden Zuckungen, vielleicht die Ursache der Empfindung des Stosses, auf eine Contraction und Expansion der Muskelfasern führen. — Diese Erscheinungen beim Conductor, der Leidner Flasche, dem Schliessen und Oeffnen der Volta'schen Säule; befeuchtete Hände, wunde Stellen, Froschschenkel, Krebsscheeren, Scheintodt, das Afficiren der Sinne durch ein Zink-Kupferelement bei der Zunge, dem Zahnfleisch, den Ohren. Geschichte: Galvani und Volta.

B. Physikalische Erscheinungen.

1) Erscheinungen bei der Unterbrechung des Schliessungsdrahtes durch einen schlechten Leiter, in welchem die Electricität an keinen Stoff gebunden ist.

a) In der Luft.

Bei dem Ueberspringen des Funkens wird die Luft zusammengedrückt (durchbohrt), Fig. 21; die Schlagweite dependirt von der Grösse, Gestalt und Natur der Leiter, dem Mittel, in dem der Funke stattfindet (in der Luft Fig. 22, luftleer Fig. 23) und der Intensität der Electricität. Die Funken der Volta'schen Säule sind klein. Schall und die durch Electricität bewirkten Bewegungen. Die bei dem Ueberspringen des Funkens fortgerissenen geschmolzenen Theilchen, das Verwandeln der Oberfläche in Pulver, die Capillaränderung bei einer electrisirten Flüssigkeit ist Folge der verstärkten Repulsivkraft gegen die Cohäsionskraft.

Der Funke und dessen Farbe hängt von dem Mittel, der Intensität und den Leitern ab und verdankt wahrscheinlich seine Entstehung den losgerissenen Theilchen (Metalldampf), das Spectrum des Funkens bei der Volta'schen Säule.

Die erwärmende und entzündende Kraft des Funkens ist vielleicht eine Folge der abgesprungenen Theilchen. Entzündung des Weingeistes, des Schiesspulvers, electrische Pistole, electrisches Feuerzeug, Phosphorescens.

b) In jedem andern schlechten Leiter.

Durchbohrung einer Glastafel, das Sprengen eines Holzstückes.

2) Erscheinungen in dem Leiter. Wenn ein Theil der Schliessungskette die Electricität vollkommen leitet, so findet die Fortbewegung ohne merkbare Wärme und

Lichtentwickelung statt, wenn aber derselbe, z. B. als zu dünner Draht, nicht mehr vollkommen leitet oder die Electricität nicht mehr ganz an den Stoff gebunden ist, so wird er warm, bei stärkerer Ladung glühend und bei noch stärkerer schmilzt er.

a) Die Erwärmung des Schliessungsdrahtes bei der Entladung einer electrischen Batterie. Luftthermometer Fig. 24, 25, Entladungsapparat, Einschaltungsdrähte, Stellung des Apparates Fig. 26.

α) Die Messung der Erwärmung eines in dem Luftthermometer befindlichen Platindrahtes.

Um ϑ Linien sinkt in dem Luftthermometer wegen der Erwärmung der Luft durch den Platindraht die Flüssigkeit, wenn die Anzahl der Entladungen der Massflasche durch q, die Anzahl der Batterieflaschen durch s und eine constante Grösse durch α bezeichnet wird. Nach Versuchen ist:

$$\vartheta = \alpha \frac{q^2}{s}$$

Für den Druck der Luft nach der Erwärmung, unter der Voraussetzung, dass sie sich noch in demselben Raume befände, lassen sich zwei Ausdrücke finden.

Ist die ursprüngliche Temperatur $= t$ und der Barometerdruck $= b$, ferner die Temperatur nach erfolgter Erwärmung t' und der Druck, wenn das Volumen der Luft sich nicht vergrössert hatte b', so ist $\frac{b'}{b} = \frac{1 + 0{,}00364\ t'}{1 + 0{,}00364\ t}$; $b' - b = b \frac{t' - t}{\frac{1}{0{,}00364} + t}$, und wird bei einer bestimmten ursprünglichen Temperatur gearbeitet, so ist $b' - b = b \frac{t' - t}{a}$.

Bezeichnet n das Gewicht des Quecksilbers gegen das der Flüssigkeit, φ den Winkel, welchen die Axe der Thermometerröhre gegen die Verticale macht, so ist der Druck, welchen die Luft nach der Erwärmung ausübt $b + \frac{\vartheta \cos \varphi}{n}$. Ist v das ursprüngliche Volumen der Luft in Scalentheilen, so ist $v + \vartheta$ das nach der Erwärmung und mithin $\frac{b'}{b + \frac{\vartheta \cos \varphi}{n}} = \frac{v + \varphi}{v}$, wenn die Luft in das ursprüngliche Volumen zusammengedrückt würde.

Durch Elimination von b' aus den beiden vorigen Gleichungen ergibt sich

$$\vartheta = \frac{b\,v}{a\left(v\frac{\cos\varphi}{n}+b\right)}\,.\,(t'-t)$$

Es sei T die Temperatur, M die Masse, C die Wärmecapacität des Platins, t', m, c dieselben Begriffe für die Luft bei dem wenig geänderten Volumen. Die Wärme, die das Platin abgibt, erhält die Luft also $MC(T-t')=mc(t'-t)$; $T-t=(t'-t)\,\frac{mc+MC}{MC}$

Stellt man die letzte Gleichung mit der vorigen zusammen, so erhält man

$$T-t=\vartheta\frac{a}{b\,v}\left(\frac{v\cos\varphi}{n}+b\right)\frac{mc+MC}{MC}.$$

β) Der Zusammenhang der Erwärmung verschiedener Stellen ein und desselben Schliessungsbogens, die zwar dem Stoffe nach homogen, aber dem Radius nach verschieden sind.

Man schaltet in $a\,b$ der Entladungskette einen Henley'schen Auslader und spannt in diesen einen Platindraht von einem andern Halbmesser. Bei dieser Stellung bestimmt man mittelst Versuche und der Formel $\vartheta = \alpha\,\frac{q^2}{s}$ die Constante α oder die Aenderung des Luftthermometers ϑ_1 für die Ladung $= 1$. Hierauf lässt sich $T-t$ berechnen. — Man wechselt nun die Platindrähte und verfährt mit dem zweiten ebenso. Die Versuche beweisen, dass sich die Erwärmungen der Platindrähte umgekehrt wie die Biquadrate ihrer Radien verhalten. Für je zwei Versuche muss man $\frac{a}{b\,v}\left(\frac{v\cos\varphi}{n}+b\right)=A$ gleich constant setzen. Demnach ist für die Ladung $= 1$: $T-t=\alpha\,A\,\frac{mc-MC}{MC}$. Nach dem vorigen Gesetze muss aber auch sein $T-t=\frac{\beta A}{r^4}$. Demnach ist:

$$\frac{\beta A}{r^4}=\alpha A\,\frac{mc+MC}{MC}.$$

Bezeichnen wir die Länge des Drahtes durch l, den Radius durch r, das specifische Gewicht durch g, das Peripherieverhältniss durch π, so ist $M=\pi r^2 l g$ und $\beta=a r^2\left(\frac{mc}{g l \pi C}+r^2\right)$. Es ist $\frac{mc}{g l \pi C}=k$ gleich constant und mithin $\beta=\alpha r^2(k+r^2)$. Bestimmt man für mehrere

Stellen im Bogen α, so erhält man für β eine constante Grösse und mithin das Gesetz richtig. Demnach ist:

$$a = \frac{\beta}{r^2(k+r^2)}; \; \vartheta = \frac{\beta}{r^2(k+r^2)} \frac{q^2}{\varrho}; \; T - t = \frac{\beta}{r^4} \; A \; \frac{q^2}{s}.$$

γ) Die Erwärmung einer und derselben Stelle, je nachdem an einer anderen Stelle des Bogens Stücke derselben Beschaffenheit aber von verschiedenen Dimensionen (λ, ϱ) eingeschaltet werden. — In $a\,b$ des Apparates ist der Auslader geschaltet und in diesen werden verschiedene Drähte eingespannt.

1) Welchen Einfluss übt die Länge des eingeschalteten Drahtes aus? Um die Verbindungsstellen zu erhalten schaltet man zuerst einen Draht von der Länge $3'''$ ein, bestimmt aus mehreren Versuchen mittelst der Formel $\vartheta = \alpha \frac{q^2}{s}$ die Constante α; hiernach schaltet man einen anderen Draht, welcher von derselben Dicke, aber um λ paris. Fuss länger als der vorige ist, ein und sucht wieder wie vorher α, welches durch ϑ_1 angedeutet sein soll, da es die Aenderung des Luftthermometers für die Einheit der Ladung ist. Wenn man auf ähnliche Weise mit mehreren anderen Drahtlängen verfährt, so erhält man eine Reihe zusammengehöriger Werthe:

o	λ	λ'	λ''	λ'''
α	ϑ_1	ϑ_1'	ϑ_1''	ϑ_1'''

Da im Thermometer sich immer derselbe Draht befindet, so ist die wirkliche Temperaturerhöhung des im Thermometer befindlichen Platindrahtes proportional den Thermometeränderungen und wir haben als zusammengehörige Werthe:

o	λ	λ'	λ''	λ'''
$T-t$	$(T-t)_1$	$(T-t)_1'$	$(T-t)_1''$	$(T-t)_1'''$

Aus den Versuchen ergibt sich:

$$\vartheta_1 = \frac{\alpha}{1 + b\lambda}; \; (T-t)_1 = \frac{a}{1 + b\lambda}.$$

2) Welchen Einfluss übt die Dicke des eingeschalteten Drahtes aus? Da α und a sich nur auf die Löthstellen beziehen, so werden sie für alle verschiedene eingespannte sehr kurze Drähte constant bleiben, und es kann in der vorigen Formel nur die Constante b von dem Radius ϱ des eingeschalteten Drahtes abhängen. Man spannt daher Drähte von derselben Länge aber verschiedener Dicke ein, berechnet für jeden nach der Formel $\vartheta = \alpha \frac{q^2}{s}$ die Grösse α d. i. ϑ_1 und nach diesem mittelst der Formel

$\vartheta_1 = \frac{\alpha}{1 + b\lambda}$ die Grösse b und sieht, wie diese sich mit ϱ ändert. Aus den Versuchen ergibt sich die Formel:

$$\vartheta_1 = \frac{\alpha}{1 + \frac{b'}{\varrho^2}\lambda} \text{ und } (T - t)_1 = \frac{a}{1 + \frac{b'}{\varrho^2}\lambda}$$

wo b' eine constante Grösse ist.

Der Werth von $(T - t)_1$ ist die Erwärmung des Platindrahtes in dem Thermometer von dem Radius $= 1$ und der Ladung $= 1$ und mithin beträgt die Erwärmung eines Platindrahtes von dem Radius r und der Ladung $\frac{q^2}{s}$, wofern die Länge eines eingeschalteten Drahtes λ mit dem Radius ϱ ist

$$T - t = \frac{a}{r^4} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{\varrho^2}\lambda} \cdot \frac{q^2}{s}$$

a und b sind zwei constante Grössen.

Durch die eingeschalteten Drähte wird der Strom verlangsamt, er bedarf mehr Zeit. Die Zeit, welche zur Entladung erforderlich ist, können wir setzen:

$$z = \left(1 + \frac{b\lambda}{\varrho^2}\right) \frac{s}{q}.$$

Für $\lambda = o$, $s = 1$, $q = 1$ beträgt die Entladungszeit durch die Verbindungsstellen und die feststehenden Drähte 1. Es ist hiernach:

$$T - t = \frac{a}{r^2} \cdot \frac{q}{z}$$

d. i. die Temperaturerhöhung in dem Querschnitte eines homogenen Drahtes ist umgekehrt proportional dem Biquadrate des Radius und der Zeit der Entladung und direct der Electricitätsmenge.

δ) In der Formel $T - t = \frac{a}{r^4} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b\lambda}{\varrho^2}} \cdot \frac{q^2}{s}$ sind a und b für ein und dieselbe Art Draht constante Grössen und ändern sich, wenn die Art Draht sich ändert. Wir setzen daher ay für a und bx für b. y ist veränderlich mit der Art Draht im Thermometer und x mit der Art des eingeschalteten Drahtes. Demnach ist:

$$T - t = \frac{ay}{r^4} \cdot \frac{1}{1 + \frac{bx}{\varrho^2}\lambda} \cdot \frac{q^2}{s}.$$

1) Die Verzögerungskraft α der verschiedenen Metalle zu finden. In dem Thermometer bleibt derselbe Platindraht eingespannt.

Für einen eingeschalteten Platindraht sucht man aus Versuchen mittelst der Formel $\vartheta = \alpha \frac{q^2}{s}$ die Grösse $\alpha = \vartheta_1$ und hierauf für einen zweiten von demselben Radius ebenso $\alpha = \vartheta_1'$ und mittelst dieser beiden Werthe bestimmt man durch die beiden Gleichungen

$$\vartheta_1 = \frac{a}{1 + \frac{b\,x}{\varrho^2}\lambda}; \quad \vartheta_1' = \frac{a}{1 + \frac{b\,\alpha}{\varrho^2}\lambda'}$$

die Grössen a und b. — Hiernach schaltet man wieder eine andere Art Draht ein, bestimmt $\alpha = \vartheta_1''$ und sucht mittelst der Gleichung

$$\vartheta_1'' = \frac{a}{1 + \frac{b\,x}{\varrho^2}\lambda}$$

die Grösse $b\,x$, da a und ϑ_1'' bekannt sind und s. f. für alle Metalle. Die Verzögerungskraft eines Metalles, z. B. die des Platins nimmt man 1 an

2) Das electrische Erwärmungsvermögen der Metalle zu finden. Man spannt in den Auslader einen Bleidraht und in das Thermometer einen Platindraht, sucht ϑ_1 und vermittelst dieses $(T - t)_1$, hierauf wechselt man die beiden Drähte und sucht ebenso für den Bleidraht ϑ_1' und $(T - t)_1'$ und man hat, wenn man zugleich die verschiedenen Radien berücksichtigt, das Verhältniss des Erwärmungsvermögens.

ε) Aus den Versuchen ergibt sich, dass, wenn man für irgend ein Metall das Leitungsvermögen durch L, die Capacität durch C, das specifische Gewicht durch g, die Verzögerungskraft durch x und das Erwärmungsvermögen durch y bezeichnet, folgende Gleichungen stattfinden:

$$\frac{1}{x} = L \text{ und } x = y\,C\,g.$$

Die Wärmemenge W, welche in einem Drahttheile von der Länge l und dem Radius r frei wird, ist:

$$W = (T - t)\,M\,C = (T - t)\,r^2\,\pi\,l\,C$$
$$= \pi\,l\,C\,\frac{a\,y}{r^2}\,\frac{1}{1 + \frac{b\,x}{\varrho^2}\lambda}\,\frac{q^2}{s}$$

b) Zur Ermittelung der Erwärmung eines Schliessungsdrahtes durch eine electrische Säule, legt man auf die entgegengesetzten Seiten des Schliessungsdrahtes

die Löthstellen zweier Wismuth-Antimonelemente, Fig. 27. — Der homogene Schliessungsdraht bewirkt bei derselben Stromstärke überall dieselbe Temperaturerhöhung, bei einem doppelt so starken Strome eine dreimal so grosse Erhöhung, bei einem doppelt so dicken Drahte nur $^1/_3$ der Erhöhung. — Bei einer Löthstelle aus heterogenen Metallen ist die Temperaturerhöhung bedeutender, wenn der Strom vom bessern zum schlechtern Leiter fliesst als umgekehrt. Die Löthstelle zweier krystallinischen Metalle bei einem Strome von geringer Intensität wird kalt, wenn er die Richtung von Wismuth zu Antimon oder zu Kupfer, und von Kupfer zu Antimon hat; im entgegengesetzten Falle warm, Fig. 24.

C. Chemische Zersetzung.

1) Vorbegriffe: Electrolyte, Jonen, Electroden.
2) Zersetzung durch
   a) Maschinenelectricität. — Glaubersalzlösung, schwefelsaures Natron, Jodkalium Fig. 29;
   b) den Volta'schen Strom.
3) Theorie der Zersetzung:
   a) Das Wandern, die Verwandtschaft und deren Aenderung nach der Richtung. Die Zersetzung ist in allen Querschnitten gleich.
   b) Die Grenzen; diese sind nicht immer die Polen, Fig 30, und Maschinenelectricität, sondern es sind die Stellen, wo die Theilchen keine andern mehr finden, mit denen sie sich chemisch verbinden können oder wo sie andere Theilchen angetroffen haben, mit denen sie sich so verbinden, dass keine weitere Trennung mehr erfolgen kann, Fig. 31. — Die Ausscheidung ist verschieden, entweder als Gas (Wasserzersetzung), als Flüssigkeit oder als fester Körper, der nicht immer zu Boden gefällt wird, sondern öfter mit grosser Adhäsion anhaftet, Fig 32. Galvanoplastik Fig 33; Bleibaum Fig. 34. Die ausgeschiedene Substanz tritt oft eine neue Verbindung ein. — Secundäres Resultat, so z. B. liefert in verdünnter Schwefelsäure eine Kohle als positive Electrode Kohlensäure und Kohlenoxyd.
      α) Je nach der Art der Ausscheidung findet sich ein anderer Widerstand.
      β) Durch den Strom und die Ausscheidung können Bewegungen entstehen.
4) Betrachtung der Elcetrolyte.
   a) Wenn der Strom hinreichende Intensität zur Zersetzung hat, so
      α) kommt es für die Menge der Zersetzung eines Electrolyten nur auf die Quantität der Electricität an;

β) stehen bei gleicher Quantität der Electricität die Zersetzungen bei verschiedenen Electrolyten in dem Verhältnisse der Atomzahlen.

Ein Electrolyt aus einfachen Bestandtheilen ist der, welcher gleiche Atome enthält. Was ist Atom?

Zersetzungszelle und Erregungszelle; Voltameter, zur Messung der Stärke electrischer Ströme Fig. 35.

b) Die Intensität des Stromes ist zur Zersetzung des Electrolyten zu gering. Wo liegt der Anfangspunct? Leitung ohne Zersetzung.

5) Chemische Theorie der Electricität.

a) Bei chemischen Verbindungen und der Berührung fester Körper und der Flüssigkeiten entsteht Electricität.

b) Ein Strom hindert chemische Verbindungen.

c) Gegenstrom.

C. Betrachtungen

der neben einem Strome oder einem Magneten befindlichen Gegenstände, nämlich eines Magneten, eines unmagnetisirten Eisenstückes, eines Stromes oder auch nur eines Leiters, in soweit das Verhalten dieser Gegenstände zu einander nicht in der Lehre von dem Magnetismus vorgekommen ist. —

Durch die vorhergehenden Untersuchungen gelangt man zu den Begriffen von inducirten Strömen und Electromagneten, welche besonders in Absicht auf ihre Stärke und ihre Anwendungen abgehandelt werden müssen.

A. Das Verhalten eines Magneten neben einem Strome.

1) Die um ihren Drehpunct nach allen Richtungen frei bewegliche astatische Magnetnadel stellt sich in eine Ebene, auf der die Richtung des Stromes senkrecht steht und bildet eine Tangente des Kreises, dessen Mittelpunct der Strom und dessen Radius die Entfernung des Stromes von dem Drehpuncte der Nadel ist. Für einen Beobachter in dem Strome, der die Nadel ansieht und dem der Strom bei den Füssen eintritt, liegt der Nordpol links. Fig. 36; 63 b.

2) Die Wirkung des Stromes auf die Nadel nimmt im einfachen Verhältnisse mit der Entfernung und für kleine Stromtheile im Verhältnisse des Quadrates der Entfernung ab. Der erste Theil dieses Gesetzes lässt sich durch Schwingungsversuche besonders nachweisen, kann aber auch aus den folgenden Untersuchungen geschlossen werden und der letzte Theil lässt sich durch den höheren Calcul aus dem ersten ableiten.

3) Die Nadel kann sich nur in einer vorgeschriebenen Ebene bewegen.

a) Wenn der Strom auf der Ebene, in welcher sich die Nadel bewegen kann, senkrecht steht, so gibt es bestimmte Stellungen für das Gleichgewicht. Die Nadel $n\,s$, Fig. 37, ist um den Punct d in der Ebene des Papiers, auf welcher der Strom in f senkrecht steht, drehbar. Bezeichnet m die magnetische Kraft der Nadel sowohl in n als in s, so ist die Wirkung des Stromes auf n gleich $n\,h = \frac{m}{n\,f} = \frac{m}{a}$ und auf s gleich $s\,g = \frac{m}{s\,f} = \frac{m}{b}$. Wenn man diese beiden Kräfte zerlegt, so müssen die senkrechten Theile sich das Gleichgewicht halten oder es muss $n\,k \,.\, n\,d = s\,p \,.\, s\,d$ oder $n\,h \cos\alpha \,.\, n\,d = s\,g \cos\beta \,.\, s\,d$ sein. Ist m der Mittelpunct der Nadel, $m\,n = l$, $m\,c = x$, $m\,d = f$, so ist $\cos\alpha = \cos f\,n\,s = \frac{l-x}{a}$, $\cos\beta = \cos f\,s\,c = \frac{l+x}{b}$ und die Gleichung $\frac{m}{a} \,.\, \frac{l-x}{a}\,(f+l) = \frac{m}{b}\,\frac{l+x}{b}\,(l-f)$ und da $a^2 = y^2 + (l-x)^2$ und $b^2 = y^2 + (l+x)^2$, so haben wir:

$$\frac{(l-x)\,(l+f)}{y^2+(l-x)^2} = \frac{(l+x)\,(l-f)}{y^2+(l+x)^2}.$$

Für $f = o$ geht die Gleichung über in

$$x\,\{\,y^2 - (l-x)\,(l+x)\,\} = o.$$

Dieser Gleichung geschieht Genüge, wenn $x = o$ ist, d. i. wenn der Strom auf der Senkrechten $m\,q$ durch die Ebene geht, oder wenn $y^2 - (l-x)\,(l+x) = o$ ist, d. i. der Strom durch die Ebene in der Peripherie des Kreises geht, dessen Radius l ist. — Stabile und nicht stabile Stellung.

b) Ein Strom $z\,k$ liegt horizontal in dem magnetischen Meridian und über demselben befindet sich eine Nadel, die nur in einer Horizontalebene schwingen kann, Fig. 38. Wenn durch die Wirkung des Stromes $z\,k$ in der Entfernung $a\,z = e$ die Nadel um den Winkel α am Drehungspuncte a aus dem magnetischen Meridiane herausgewichen ist und wir denken uns in n' den Nordmagnetismus concentrirt, so wird der Punkt n' nach der Richtung $n'\,c$ in einer Ebene $n'\,n\,k$, welche senkrecht auf der Richtung des Stromes steht, afficirt. Dabei steht $n'\,c$ auf $n'\,k$ senkrecht. Wenn man diese Kraft nach der Verticale $n'\,g$ und nach der Horizontale $n'\,d$ zerlegt, so kann jener

Richtung die Nadel nicht folgen; und ist $n' k = z$ und die Wirkung des Stromes auf die Nadel in der Entfernung 1 gleich a, so ist $n' c = \frac{a}{z}$ und $n' d = \frac{a}{z} \cos d n' c = \frac{a}{z} \cos g n' k = \frac{a}{z} \cos n k n' = \frac{a}{z} \cdot \frac{e}{z}$. Setzen wir die richtende Erdkraft in dem Beobachtungsorte $n' p = m$, so muss für das Gleichgewicht $\text{tg } \alpha = \frac{p f}{m} = \frac{a e}{m z^2}$ sein. Da aber ferner $n' k^2 = n k^2 + n' n^2$ oder $z^2 = e^2 + l^2 \sin \alpha^2$, so muss für das Gleichgewicht $\text{tg } \alpha = \frac{a e}{m (e^2 + l^2 \sin \alpha^2)}$ und die Stromstärke $a = m \text{ tg } \alpha \frac{e^2 + l^2 \sin \alpha^2}{e}$ sein. Ist die Nadel sehr klein, so ist $l = o$ und mithin $a = m e \text{ tg } \alpha$. Tangentenbousole. Messinstrumente: Galvanometer Fig. 39, 40, Sinusbousole Fig. 41.

Die Stromstärke kann auch durch Torsion des Fadens, an welchem die Nadel horizontal aufgehangen ist, gefunden werden. Der Strom liegt in dem magnetischen Meridian und der Faden wird so lang gedreht, bis die Nadel ebenfalls in den Meridian zurück tritt.

Liegt der Strom horizontal und senkrecht auf dem magnetischen Meridian oder ist die Nadel astatisch, so kann man auch durch Schwingungsversuche die Stromstärke bestimmen.

3) Der Magnet kann sich nur nach der Richtung seiner Axe bewegen. Becquerel'sche Wage Fig. 42. Bezeichnen wir durch S die Stromstärke und durch M den Magnetismus des Stahlstabes, so ist die abstossende Kraft $K = M S$. Durch die Vertheilung, welche der Stahlstab von der Spirale erleidet, ist aber der Magnetismus veränderlich. Er ändert sich im Verhältniss der Stromstärke, also $K = S (M - n S)$ oder $K = a S + b S^2$. Durch K sind die aufgelegten Gewichte und durch a und b zwei Constante bezeichnet.

B. Das Verhalten des Eisens neben dem Strome.

1) Vorbegriffe, Schraubendraht, Electromagnete.
2) Das Magnetisiren mittelst Electromagnete.
   a) Durch Streichen des gehärteten Stahles, welcher in einem Systeme liegt, mit einem Electromagnete.
   b) Durch einen Electromagnet schliesst man den Kreis, in dem der zu magnetisirende Stab sich befindet und streicht diesen mit einem gewöhnlichen Magnete.

c) Durch einen weichen Stahlstab, der zum Magnet werden soll, schliesst man, nachdem man ihn rothglühend gemacht hat, einen Electromagnet und härtet ihn in diesem Zustande.

3) Durch electrische Schläge wird in dem gehärteten Stahle bleibender Magnetismus erregt.

a) Magnetisirungsperioden bei verschiedener Entfernung, Fig. 43, bei immer stärkeren Schlägen.

b) Magnetisiren unter dem Einflusse anderer Materien. Wenn man eine Nadel in einen Glascylinder, eine andere in einen Kupfercylinder einschliesst und eine dritte nackt lässt, und sie nach und nach in einem Schraubendrahte ein und demselben Strome aussetzt, so erhält man für die in dem Kupfercylinder eingeschlossene nach der Dicke der Wände und der Stärke der Schläge verschiedene Resultate. Je nachdem man eine zu magnetisirende Nadel auf oder unter eine Kupferscheibe legt, so zeigen sich Verschiedenheiten.

C. Das Verhalten eines Stromes gegen die neben ihm befindlichen Magnete.

Ein Magnet wirkt auf einen beweglichen Schliessungsdraht nach der Art der Stellung anziehend oder abstossend und ebenso der Erdmagnetismus. Fig. 44, 45, 46, 47, 48.

D. Das Verhalten des Stromes gegen den neben ihm befindlichen Strom.

Nach derselben Richtung fliessende Ströme ziehen sich an und nach entgegengesetzter Richtung fliessende stossen sich ab. Die Wirkung ist eine Folge der Action, die jedes kleinste Theilchen des einen Stromes auf jedes kleinste Theilchen des anderen längst der Graden ausübt, welche beide verbindet. Die Theile eines und desselben Stromes stossen sich ab. Fig. 49, 50.

Vergleichung der Rotationsbewegungen. Ampère's Theorie. Wenn man den Südpol eines Magnetes ansieht, so scheint es, als wenn er von Strömen schraubenrecht umkreist würde. Nach welcher Richtung müsste man sich hiernach die Ströme um die Erde denken?

E. Das Verhalten eines Leiters gegen einen neben ihm befindlichen Strom.

1) Gebundene Electricität. — Zwei Schraubendrähte über einander oder ein doppelt gewickelter Schraubendraht.

2) Bei dem Schliessen der Kette wird in dem parallellaufenden Sehraubendrahte ein momentaner Strom nach der entgegengesetzten Richtung des ursprünglichen erregt und beim Oeffnen der Kette ein Strom nach derselben Richtung. — Erscheinungen: Zuckungen an Froschschenkeln, eigenthümlicher Geschmack auf der Zunge, Erscheinungen vor den Augen, Ablenkung der Magnetnadel, Magnetisiren von Magnetnadeln.

3) Es entsteht zugleich ein secundärer Strom bei jeder relativen Lagenänderung des Leiters und des Stromes. Wird ein Leiter plötzlich einem Strome genähert, so entsteht in ihm ein momentaner Strom nach der entgegengesetzten Richtung des gegebenen Stromes und wird er entfernt ein Strom nach derselben Richtung. Dasselbe ist der Fall, wenn der Strom dem Leiter genähert oder entfernt wird. — Ströme vor und um einen rotirenden Kupferring Fig. 51, 52, 53, 54, über und neben einer rotirenden Scheibe Fig. 55, 56, um eine rotirende Kugel Fig. 57, 58, einen rotirenden Magnet Fig. 59. Der ursprüngliche Strom ist, sowie die Rotation, durch Pfeile angedeutet, dagegen die entstehenden Ströme durch punctirte Pfeile.

4) Apparate. Um schnelle Unterbrechungen eines Stromes zu bewirken: Mutator, Blitzrad Fig. 60; um einen Strom schnell umzukehren: Gyrotrop Fig. 61, Commutator.

F. Das Verhalten eines Leiters gegen einen neben ihm befindlichen Magnet.

1) Ein weiches Eisen in einer Drahtspirale erregt in dieser bei dem Entstehen und Verschwinden des Magnetismus, welcher von dem Nähern oder Entfernen eines Magnetes (Electromagnetes) oder von der verschiedenen Stellung gegen die Erde von dem Erdmagnetismus abhängt, einen Strom, so als wenn in einem weichen Eisen nach Ampère's Theorie Ströme entständen oder verschwänden. Fig. 62.

2) Wenn man den Magnet schnell dem Sehraubendrahte nähert oder entfernt, oder ihn hineinschiebt und herauszieht, so entsteht in dem Drahte ein Strom. Ebenso wenn man einen Draht in der Sphäre des Magnetes so bewegt, dass er die magnetischen Kurven durchschneidet und die Bewegung nicht in einer Ebene erfolgt, auf welcher die Ströme senkrecht stehen. Ebenso die Ströme, welche durch den Erdmagnetismus verursacht werden.

3) Wenn sich eine Kupferscheibe in der Nähe eines Magnetes dreht, so entstehen auf derselben Ströme. Nachweisung dieser Ströme, Fig. 63. — Ist der Magnet beweglich, so wird er von der Bewegung der Scheibe affeirt und folgt ihr unter gewissen Umständen.

4) Apparate zur Erregung starker inducirter Ströme. Fig. 64, 65.

Allgemeines Gesetz: Wenn sich ein metalliseher Leiter in der Nähe eines galvanischen Stromes oder eines Magnetes bewegt, so wird in ihm ein momentaner Strom erregt, der eine solche Richtung hat, dass wenn er ununterbrochen stattfände, er in dem

Drahte eine Bewegung hervorgebracht hätte, die der gerade entgegengesetzt ist, welche er hat, vorausgesetzt, dass er nur in der Richtung der Bewegung vorwärts und rückwärts beweglich ist.

III. Untersuchungen über die inducirten Ströme.

In Fig. 62 sei die Länge des Galvanometerdrahtes g gleich L und die der Leitdrähte $c\,h$ und $f\,l$ auf den Galvanometerdraht reducirt $= l$, ferner sei $a\,b$ ein weicher Eisenkern mit der Spirale, deren Drahtlänge auf die des Galvanometers reducirt λ beträgt. Diese Spirale kann sehr verschiedenartig construirt sein, aus verschiedenartigen Drähten, aus verschiedenartigen Windungen bestehen und es ist immer dabei die Frage, ob und wie hierdurch der inducirte Strom bei dem Losreissen des Magnetes M oder der Magnete M' M'' abgeändert werde.

Die gesammte Drahtlänge oder der zu überwindende Widerstand für den inducirten Strom bei dem Losreissen des Magnetes beträgt nach dem vorhergehenden $L + l + \lambda$ und mithin, wenn die gesammte electromotorische Kraft $= x$ ist, die inducirte Stromstärke $\frac{x}{L + l + \lambda}$.

Durch den Strom wird die Nadel in y gestossen und der Beobachter in o zählt die Ablenkung in dem Spiegel s ab. Die Nadel wird, Fig. 66, von m nach n geworfen und die Kraft ist die des freien Falles durch $k\,m$. Die Endgeschwindigkeit ist $c = 2\sqrt{g\,s}$ $= 2\sqrt{g\,(1 - \cos\alpha)} = 2\sqrt{g\,2\sin{}^1\!/_2\,\alpha^2} = p\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha$, wo p eine constante Grösse ist. Diesem zufolge ist $p\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha = \frac{x}{L + l + \lambda}$; $x = (L + l + \lambda)\,p\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha$. Für eine zweite Art Spirale ist $x' = (L + l' + \lambda')\,p\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha'$ und mithin das Verhältniss der electromotorischen Kräfte beider Spiralen $\frac{x}{x'} = \frac{(L + l + \lambda)\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha}{(L + l' + \lambda')\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha'}$.

1) Bei übrigens gleichen Umständen wächst die electromotorische Kraft mit der Anzahl der Windungen. Die electromotorische Kraft für eine Windung sei $= 1$ und mithin für n Windungen $= n$; die unbekannte Ablenkung für eine Windung sei ξ und für n Windungen $= \alpha$ und mithin $\frac{1}{n} = \frac{(L + l + \lambda)\,\sin{}^1\!/_2\,\xi}{(L + l' + \lambda')\,\sin{}^1\!/_2\,\alpha}$. Es kann $l = l'$ und $\lambda = \lambda'$ sein, da für eine Windung und die freien Enden eben dieselbe Drahtlänge λ erforderlich sein kann, als für n Windungen und die freien Enden. In jenem Falle ist

zu den freien Enden viel Draht genommen worden. Für diese Voraussetzung ist $\frac{1}{n} = \frac{\sin \frac{1}{2} \xi}{\sin \frac{1}{2} \alpha}$. Findet man aus einem Versuche ξ, so findet man dasselbe für jede andere Menge Windungen.

2) Jede Windung, ob sie gross oder klein ist, hat dieselbe electromotorische Kraft. Hat man eine Spirale von 10 kleinern und eine andere von 10 grössern Windungen und sucht für jede das zugehörige α, so ist für diese beiden Versuche $\frac{x}{x'} = \frac{(L + l + \lambda) \sin \frac{1}{2} \alpha}{(L' + l' + \lambda') \sin \frac{1}{2} \alpha'} = 1$. Die Endwindungen werden bei der grossen Spirale nicht so stark als die anderen durch das Verschwinden des Magnetismus im Eisenkern affieirt, aber die Differenz ist zu klein und wird theilweise durch das Entfernen der Magnete M', M'' compensirt. Man bedient sich bei diesen Versuchen zweier gradlinigter Magnete, da man bei dem Hufeisenmagnete keine weite Spirale anwenden kann. — Die electromotorische Kraft ist für grosse und kleine Ringe dieselbe, aber der Widerstand ist in jenen grösser als in diesen und mithin in jenen der Strom kleiner. Da die electromotorische Kraft dieselbe ist, so nimmt die Wirkung des Magnetes mit der Entfernung ab.

3) Die electromotorische Kraft ist für jede Dicke der Drähte dieselbe. Es ergibt sich $\frac{x}{x'} = \frac{(L + l + \lambda) \sin \frac{1}{2} \alpha}{(L + l' + \lambda') \sin \frac{1}{2} \alpha'} = 1$. Der Widerstand in den dickeren Drähten nimmt mit dem Querschnitt der Drähte ab, also nimmt die Stromstärke mit dem Quersehnitt der Drähte zu.

4) Aus welchen Materien die Drähte der Spirale bestehen, ist gleichgiltig, die electromotorische Kraft bleibt dieselbe. Für alle Arten von Drähten ist $\frac{x}{x'} = \frac{(L + l + \lambda) \sin \frac{1}{2} \alpha}{(L + l' + \lambda') \sin \frac{1}{2} \alpha'} = 1$. Man kann hierbei $L + l + \lambda = L + l' + \lambda'$ machen, wenn man die Länge der Drähte vermittelst des Leitungsvermögens und der Dicke auf den Galvanometerdraht reducirt. Die electromotorische Kraft für verschiedene Metalle ist also dieselbe und die Stromstärken stehen daher in dem Verhältnisse der Leitungsfähigkeiten.

Auf dieselbe Weise, wie wir vorhin verfahren haben, um das Verhältniss der electromotorischen Kräfte für verschiedenartig gebaute Spirale zu finden, kann man auch die Leitfähigkeit verschiedener Drähte aus verschiedenartigen Metallen bestimmen. Die Leitfähigkeit ist ein sehr wichtiger Gegenstand und ihre Bestimmung hat viele Physiker beschäftigt. Priesley und Harris benutzten zu diesem Zweeke die Erhitzung eines Drahtes durch den Strom einer Volta'schen Säule, van Marum die Länge des durch einen

bestimmten Strom geschmolzenen Drahtes, Davy die Anzahl Plattenpaare, deren Strom durch einen Draht vollkommen entladen wird, Ohm die magnetische Drehwage, Fechner die Oscillationen einer Nadel und endlich E. Lenz die inducirten Ströme auf die angegebene Weise. Dieses ist unstreitig das vortheilhafteste Verfahren.

Beträgt die Länge des Galvanometerdrahtes, der Leitdrähte und des Spiraldrahtes auf irgend einen Querschnitt a reducirt L, so ist für einen Versuch, wodurch man zur Kenntniss von α gelangt, $\frac{A}{L} = p \sin \frac{1}{2} \alpha$. Schaltet man nun bei c einen zweiten Draht von der Länge λ, dem Querschnitte b und der Leitungsfähigkeit μ ein, so beträgt die reducirte Länge des eingeschalteten Drahtes $\frac{b \lambda}{a}$ und der Leitungswiderstand desselben $\frac{b \lambda}{a \mu}$. Durch einen Versuch erhält man β für $\frac{A}{L + \frac{b \lambda}{a \mu}} = p \sin \frac{1}{2} \beta$. Aus den beiden Gleichungen erhält man: $\frac{L + \frac{b \lambda}{a \mu}}{L} = \frac{\sin \frac{1}{2} \alpha}{\sin \frac{1}{2} \beta}$;

$$\mu = \frac{b \lambda \sin \frac{1}{2} \beta}{a L (\sin \frac{1}{2} \alpha - \sin \frac{1}{2} \beta)} = \frac{b \lambda \sin \frac{1}{2} \beta}{2 a L \cos \frac{1}{4} (\alpha + \beta) \sin \frac{1}{4} (\alpha + \beta)}.$$

Mit der Temperatur ändert sich die Leitungsfähigkeit. Um die Abhängigkeit zu ermitteln wickelt man den zu untersuchenden Draht als Spirale auf einen Cylinder und bringt in denselben nach der Entfernung des Cylinders das längliche Gefäss eines Thermometers. Für die verschiedenen Temperaturen hat man nur durch Versuche die verschiedenen β zu bestimmen.

Eine Spirale um einen gegebenen Eisenkern als Anker zu einem bestimmten Magnete zu construiren, so dass bei dem Abziehen des Magnetes in der Spirale ein inducirter Strom entsteht, welcher am Vortheilhaftesten für einen bestimmten Widerstand wirkt. Die Windungen in der Spirale werden immer grösser und zuletzt ist der Widerstand, den sie dem Strome bieten, so gross als der Zuwachs der Kraft, den sie hervorbringen.

Die electromotorische Kraft für eine Windung sei $= f$, die Länge des Eisenkerns $= a$, die Dicke des Drahtes $= b$, die Dicke der Bespinnung $= \beta$, also die Menge der Windungen einer Reihe $= \frac{a}{b + \beta}$ und mithin die electrische Kraft für n Windungen $\frac{n a}{b + \beta} f$. — Ist q der Radius bis zu der ersten Windungsreihe, so ist der für die erste Drahtwindung $q + \frac{b + \beta}{2}$ und der für die $n$te Drahtwindungsreihe

$q + \frac{2n-1}{2}(b+\beta)$ und mithin die Länge einer Drahtwindung der ersten Reihe $(2q + b + \beta)\pi$ und einer der $n$ten Reihe $\{2q + (2n-1)(b+\beta)\}\pi$. Die ganze Drahtlänge der ersten Windungsreihe ist also $\frac{a}{b+\beta}(2q + b + \beta)\pi$ und der $n$ten $\frac{a}{b+\beta}\{2q + (2n-1)(b+\beta)\}\pi$ und mithin die gesammte Drahtlänge der n Windungsreihen $\frac{a\pi}{a+\beta}\{2nq + n^2(b+\beta)\}$. Zu dieser Drahtlänge kommt noch die Länge m des eingeschalteten Gegenstandes, nachdem er auf Drahtlänge reducirt worden ist. Setzt man den Leitungswiderstand des Drahtes von derselben Substanz von der Länge 1 und dem Durchmesser 1 gleich der Einheit, so ist der Widerstand des gesammten Drahtes $\frac{a\pi[2nq + n^2(b+\beta)] + m(b+\beta)}{b^2(b+\beta)}$ und die Stärke des Stromes $p_n = \frac{\frac{na}{b+\beta}f}{\frac{a\pi[2nq + n^2(b+\beta)] + m(b+\beta)}{b^2(b+\beta)}}$ oder

$$p_n = \frac{nab^2 f}{a\pi[2nq + n^2(b+\beta)] + m(b+\beta)}.$$

Differenzirt man diese Gleichung nach n, so erhält man die Bedingung für das Maximum, d. h. man erfährt wie viele Reihen zu setzen sind, um das Maximum des inducirten Stromes zu erhalten. Es ergibt sich der Werth $n = +\sqrt{\frac{m}{a\pi}}$, welcher nur positiv sein kann und zugleich zeigt, dass das Maximum unabhängig von der Dicke des Drahtes und unabhängig von q ist, d. h. von dem Umstande, ob die Windungen auf dem Eisenkern liegen oder nicht, dagegen von dem eingestalteten Widerstande abhängig ist.

Substituiren wir den Werth von n in die Hauptformel, so erhalten wir als Maximum des Stromes:

$$p_m = \frac{b^2 f}{2\left\{q\pi + (b+\beta)\sqrt{\frac{m\pi}{a}}\right\}}$$

Dieses Maximum steht im directen Verhältniss mit f oder mit dem im Anker verschwindenden Magnetismus, ferner ist es für dicke Drähte grösser als für dünne, kleiner, wenn q und m wächst und grösser, wenn a wächst.

Von den secundären Strömen hat man eine Anwendung auf die Telegraphie oder die Kunst sich andern auf sehr grosse Entfernungen mitzutheilen, oder die Sprache für diese Entfernungen nachzubilden, gemacht. Um sich mitzutheilen hat man nur zwei verschiedene Zeichen oder auch nur eins und dessen schnelle Wiederholung nöthig. Den grossen lateinischen Lettern liegen 6 verschiedene Zeichen, nämlich | — / \ ( ), unter und kommen höchstens zu 4 zusammengestellt vor. Alle Zusammenstellungen und zwar höchstens zu 4 würden 1554 verschiedene Zeichen liefern und zwei verschiedene Zeichen zu 4 würden 30 geben.

Um Zeichen in die Entfernung zu geben ist man von verschiedenen Gesichtspuncten ausgegangen: 1) das Licht; 1793 die erste Telegraphenlinie in Frankreich nach der Chappe'schen Methode, Heliotropen während des Nachts durch Hydro-Oxygengas bedient; 2) der Schall, nur auf geringe Entfernungen anwendbar, durch das Wasser (Fühlhebel); 3) strahlende Wärme; 4) die Reibungselectricität durch Winkler in Leipzig 1746, Waston in London auf 4 englische Meilen, für welche sich in der Kette zwei Meilen trockenes Erdreich befanden; 5) Sömmering in München 1807, die Wasserzersetzung in 35 mit Buchstaben und Zahlzeichen versehenen kleinen Flaschen mittelst 30 Verbindungsdrähte; 6) Fechner, Ampère (60 Verbindungsketten) durch die Ablenkung der Magnetnadel; 7) Gauss und Weber 1833, die inducirten Ströme mit einem Leitungsdrahte hin und zurück. — Die Leitungskette, die Erregung, der Zeichengeber, das Alphabet. Fig. 67.

IV. Untersuchungen über die Electromagnete.

Um zu erfahren, wie die Stärke des Electromagnetismus abhängt von den verschiedenen Verhältnissen der Drahtspirale und dem Eisenkerne müssen einige Grundversuche angestellt werden.

Um den weichen Eisenkern *a*, Fig. 68, liege eine Inductionsrolle, deren Ende nach dem Multiplicator *g* führen, und um die Inductionsrolle liege eine zweite Drahtrolle, wovon das eine Drahtende durch die Becquerel'sche Wage *b* nach dem Pole *c* und das andere direct nach dem Pole *d* eines Volta'schen Trogapparates führt, dessen Platten beliebig tief eingesenkt werden können, um verschiedene Stromstärken zu erhalten. Hat durch dieses Mittel der Beobachter *A* einen Strom von bestimmter Stärke erhalten, so verbindet der Beobachter *B* die Ende *q* und löst, wenn *g* in Ruhe ist, *q'* und beobachtet in dem Spiegel *h* das Ausschlagen der Nadel in *g*. — Dieser inducirte Strom

entsteht wegen des Verschwindens des Stromes der Säule $c\,d$ in der äusseren Spirale und wegen des Verschwindens des Magnetismus in dem Eisenkern a. Um beide Wirkungen zu trennen, hat man zugleich den Versuch ohne Eisenkern anzustellen und auf diese Weise die erste Wirkung allein zu suchen und hiernach die zweite abzuleiten. Die Stärke des erregten Electromagnetismus wird durch inducirte Ströme, denen er proportional ist, gemessen.

1) Der im weichen Eisenkern a durch galvanische Ströme hervorgerufene Magnetismus ist diesem Strome genau proportional.

Die Stärke des galvanischen Stromes wird durch Gewichte unmittelbar gemessen; diese Gewichte dürfen aber nicht gerade als die Stärken angesetzt werden, sondern sie sind wegen der Coërcitivkraft des Magnetes zu corrigiren. Diese corrigirten Werthe, K, K', K'' . . . sind die der Stromstärken. — Die Kraft des inducirten Stromes ist $p \sin {}^1/_2\,\alpha$, $p \sin {}^1/_2\,\alpha'$... Die Versuche mit der leeren Spirale beweisen, dass die Kraft des galvanischen Stromes in der äusseren Spirale vollständig dem durch sein Verschwinden erregten inducirten Strome in der innern Spirale proportional ist, also dass für diesen Fall $K = x \sin {}^1/_2\,\alpha$ und x eine constante Grösse ist. Wenn sich der Eisenkern in der Spirale befindet, so schliesst zwar $\sin {}^1/_2\,\alpha$ die Summe zweier inducirten Ströme ein, aber man hat wegen der vorigen Proportionalität keine Rücksicht darauf zu nehmen und kann sie allein für das Verschwinden des Magnetismus in a ansetzen. Die Versuche zeigen, dass für denselben Eisenkern x in $K = x \sin {}^1/_2\,\alpha$ constant ist.

2) Der von gleichen Strömen erregte Magnetismus ist unabhängig von der Dicke und Form der Drähte oder Streifen, aus welchen die Spirale besteht.

Man wickele eine Spirale von zwei parallellaufenden Drähten, die aber von verschiedener Dicke und Form sind. Lässt man durch beide denselben Strom, aber nach entgegengesetzter Richtung, fliessen, so zeigt sich nicht der geringste Magnetismus. — Schiebt man über diese Doppeltrolle eine Inductionsrolle, so zeigt diese denselben Strom, welches von beiden Drähten man sich auch bei der Erregung des Magnetismus durch denselben galvanischen Strom bedient hatte.

3) Der Magnetismus ist unabhängig von der Weite der Windungen. — Wenn man Schraubenrollen von verschiedenen Durchmessern, aber gleich vielen Windungen, nach und nach über die Inductionsrolle schiebt, so erhält man, wenn durch sie gleiche galvanische Ströme gehen, denselben inducirten Strom oder dasselbe α. Die Spiralen von grösserem Durchmesser geben einen etwas geringeren Magnetismus, weil die Enden der Schraube nicht ihren vollen Einfluss auf das Eisen ausüben.

4) Die Totalwirkung sämmtlicher Windungen ist gleich der Summe der Wirkungen der einzelnen Windungen. Hat man mehrere Rollen übereinander, nimmt die kleinste

als Inductionsrolle an, und untersucht jede andere bei demselben Strome in Bezug auf den Magnetismus für sich und zuletzt alle zusammen fortlaufend, so erhält man als Wirkung die Summe aller vorhergehenden.

5) Wenn gleich lange Eisenstäbe dem Einflusse ein und desselben Stromes ausgesetzt werden, so ist der Magnetismus, den sie annehmen, proportional dem Durchmesser, denn die Kräfte der inducirten Ströme stehen in dem gegebenen Verhältnisse.

6) Die Länge des Eisenkerns äussert keinen Einfluss auf den Magnetismus der Pole, eben so wenig die Art der Umwickelung, nach der ganzen Länge oder nur an den Enden. Nach den Versuchen scheinen kurze Eisenkerne besser zu wirken als lange.

Nachdem die vorigen Puncte erörtert sind, kann folgende Aufgabe gelöst werden.

Wie hat man es anzufangen, wenn eine bestimmte Zinkfläche nebst der entsprechenden Kupferfläche zur Construction einer Batterie gegeben ist, um einen möglichst starken Electromagnet zu erhalten.

Beträgt der bei dem Strome 1 durch eine Windung erregte Magnetismus 1, so beträgt der für den Strom F durch eine Windung F und durch $\frac{n\,a}{b+\beta}$ Windungen $M = \frac{n\,a}{b+\beta}\,F$. — Die Stromstärke F ist allgemein $= \frac{A}{L+l}$. — A ist die gesammte electromotorische Kraft der Säule. Denken wir uns, dieselbe sei für ein Plattenpaar $= 1$, und es könnten aus der gegebenen Zinkfläche s, z Platten gesehnitten werden, so muss für die Säule aus z Plattenpaaren $A = z$ sein. — L ist der gesammte Widerstand in der Säule. Die Fläche einer Platte beträgt $\frac{s}{z}$ und der Widerstand, wenn er für die Flächeneinheit eines Plattenpaares durch die Länge eines Drahtes gemessen, dessen Quersehnitt $\frac{1^2\pi}{4}$ ist, gleich λ ist, für ein Plattenpaar $\frac{z}{s}\,\lambda$ und mithin für z Plattenpaare $L = \frac{z}{s}\,\lambda\,.\,z = \frac{z^2}{s}\,\lambda$. l ist die reducirte Länge aller Windungen und Zuleitungsdrähte und mithin, wenn wir diese vernachlässigen $= \frac{a\,\pi}{b^2(b+\beta)}\,[2\,n\,q + n^2(b+\beta)]$. Diesem zufolge ist der Magnetismus:

$$M = \frac{n\,a}{b+\beta}\,.\,\frac{z}{\frac{z^2}{s}\,\lambda + \frac{a\,\pi}{b^2\,(b+\beta)}\,[2\,n\,q + n^2\,(b+\beta)]}$$

$$= \frac{n\,a\,s\,b^2\,z}{\lambda\,z^2\,b^2\,(b+\beta) + a\,\pi\,s\,[2\,n\,q + n^2\,(b+\beta)]}.$$

In dieser Formel kommen 4 variabele Grössen vor, nämlich 1) die Anzahl der Platten, welche aus s zu sehneiden sind, 2) die Dicke des Drahtes b, 3) die Anzahl n

der übereinandergelegten Windungsreihen und 4) der Radius q des Eisenkerns. Es gibt also hier vier partielle Maxima. Wir wollen nur das in Bezug auf n betraehten und hierbei β, da es eine sehr kleine Grösse ist, gleich o setzen.

$\frac{dM}{dn} = o = a\pi s n^2 - \lambda z^2 b^2$; $n = bz\sqrt{\frac{\lambda}{a\pi s}}$ und mithin dureh Substitution

$M_m^n = \frac{a s z b^2}{2 a\pi s q + 2 z b^2 \sqrt{a\pi s\lambda}}$. Dieses Maximum wird desto grösser, je grösser $z b^2$ wird, hingegen es hat seinen Grenzwerth $M_m^n = \frac{a s}{2\sqrt{a\pi s\lambda}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{as}{\pi\lambda}}$ nahe erreieht, wenn $2 a\pi s q$ gegen $2 z b^2 \sqrt{a\pi s\lambda}$ verschwindet. Dieses erreicht man dadurch, dass man $z b$ oder n so gross als möglich maeht.

In der Wirkliehkeit ist n gewöhnlich dureh die Natur der Sache gegeben, so z. B. bei einem Hufeisen durch die Entfernung der beiden Sehenkel. Gesetzt die Diekc der ganzen Umwickelung könnte nur c betragen und es wäre $n = \frac{c}{b+\beta}$ oder $= \frac{c}{b}$ so würde die allgemeine Formel für den Magnetismus $M = \frac{a c b^2 s z}{\lambda z^2 b^4 + a\pi s (2 q c + c^2)}$ sein. —

Unter der gemaehten Voraussetzung ist die Bedingung für das Maximum naeh b

$\frac{dM}{db} = o = a\pi s(2 q c + c^2) - z^2 b^4\lambda$, $b^4 = \frac{a\pi s (2 q c + c^2)}{z^2 \lambda}$

und $M_m = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{a s c}{\lambda\pi (2 q + c)}}$.

Das Maximum ist mithin ein bestimmtes, wenn man nur die Dicke der Drähte in das gehörige Verhältniss zu der Anzahl der Plattenpaare setzt. Es folgt hieraus:

1) Einer bestimmten Zinkfläche entspricht für jeden Eisenkern ein bestimmtes Maximum.

2) Die Maxima verhalten sieh wie die Quadratwurzeln aus den Zinkflächen.

3) Maeht man die Umwickelung aueh noch so gross, so kann das Maximum sieh hierdurch doeh nur der Grenze $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{as}{\lambda\pi}}$ nähern.

Die Formeln lassen sieh leieht auf viereckige Eisenkerne und auf Umwiekelungen durch Streifen umwandeln. Die Streifen sind etwas vortheilhafter.

Die Stärke des Stromes ist proportional der Zinkquantität, welehe in jeder Zelle in einer gegebenen Zeit aufgelöst wird. Ist der Verbraueh in einer Zelle für den Strom 1 gleich 1, so ist er für den Strom F gleich F und für z Zellen gleieh Fz

$$= \frac{z^2 s}{z^2 \lambda + \frac{a \pi s}{b^3}\left(2 q \frac{c}{b} + \frac{c^2}{b}\right)} = \frac{z^2 s}{z^2 \lambda + \frac{a \pi s}{b^4}\left(2qc + c^2\right)}.$$

Für das Maximum ist nun $z^2 \lambda = \frac{a \pi s}{b^4}(2qc + c^2)$ und mithin der Zinkverbrauch für das Maximum:

$$F z = \frac{s}{2\lambda}.$$

Wie man die Säule für das Maximum des Magnetismus auch einrichtet, wenn man nur die Dicke des Drahtes in das gehörige Verhältniss mit der Säule setzt, so ist der Zinkverbraueh derselbe.

Der ökonomische Effect für den Electromagnetismus ist $Q = \frac{M}{F z}$ und da $M = \frac{n a}{b + \beta} F$, so ist $Q = \frac{n a}{z (b + \beta)} = \frac{a c}{z b^2}$. Für diesen Effect gibt es kein Maximum.

Für das Maximum des Magnetismus geht dieser Ausdruck über in $Q = \sqrt{\frac{a c \lambda}{\pi s (2q + c)}}$ weil $z b^2 = \sqrt{\frac{a \pi s (2 q c + c^2)}{\lambda}}$.

Die Anziehung zwischen zwei Electromagneten oder einem Electromagnete und einem weichen Eisenkern verhält sich wie die Quadrate der Stärke der magnetisirenden Ströme. — Wenn ein an einem Wagebalken in das Gleichgewicht gebrachter weicher Eisenkern oder Electromagnet von einem zweiten darunter befindlichen Electromagnete durch eine Glasplatte getrennt und der Strom einer Batterie b durch die Tagentenbousole T und durch den Schraubendraht der beiden Electromagnete geschlossen wird, so ist für die Bezeichnung der wegen des Electromagnetismus zugelegten Gewichte durch K und der Ausweichung der Nadel in T durch α, in $K = x \operatorname{tg} \alpha^2$ die Grösse x constant.

Eine Anwendung des Electromagnetismus hat man auf Bewegungsmaschinen zu machen gesueht. — Die erste construirte Dal Negro zu Padua 1834 aus einem Hufeisenelectromagnete und einem graden Magnetstabe, welcher durch das Drehen einer Kurbel während einer Minute 180 Gram. auf eine Höhe von einem Meter hob. — Stratingh und Becker in Gröningen nahmen 1835 zur Construction einer electromagnetischen Locomotive für einen Wagen zwei Electromagnete und kehrten den Strom in dem beweglichen Theile um. Botto in Turin construirte 1836 einen ähnlichen Wagen; 12 electromagnetisehe Stäbe gingen mit ihren Polen vor 8 festen Hufeisenelectromagneten, in welehen die Wechselung des Stromes bei jeder Drehung zwölfmal erfolgte, vorbei. —

Vorsselmann de Heer in Deventer liess cylindrische Electromagnete der Länge nach an einander vorbeigehen und bewirkte den Wechsel des Stromes in dem beweglichen Theile. Jacobi bediente sich nur der Polaranziehung.

Bei den electromagnetischen Bewegungsmaschinen tritt wegen der entstehenden inducirten Gegenströme eine gleichförmige Bewegung ein, die Stromstärke ist bei der Bewegung kleiner und mithin auch der Magnetismus und der Zinkverbrauch als während der Ruhe und der Thätigkeit der Säule bei demselben Widerstande.

Der entstehende Gegenstrom G bei der Bewegung einer Maschine ist ein magnetoelectrischer Strom und wächst mithin verhältnissmässig mit der magnetischen Intensität M' der in Bewegung befindlichen Eisenstange, mit der Anzahl der Windungen n, der Geschwindigkeit v der Systeme, welche die Anzahl der Impulse gibt und nimmt verhältnissmässig ab mit dem gesammten Widerstande B der galvanischen Kette. Bezeichnen wir durch k eine Constante, so ist $G = \frac{k M' v n}{B}$.

Ist F die Stromstärke für das ruhende System, F' die für das in Bewegung befindliche, E die electromotorische Kraft der Batterie aus z Plattenpaaren, so ist:

$$F - F' = G; F = \frac{Z E}{B} \text{ und } M' = n F'.$$

Durch Zusammenstellung dieser Gleichungen ergibt sich:

$$F' = \frac{z E}{k v n^2 + B}, \; M' = \frac{n z E}{k n^2 v + B} \text{ od. } v = \frac{z n E - B M'}{k n^2 M'}.$$

Das Product aus den Kräften des festen und beweglichen Systems ist bei einer gleichförmigen Bewegung gleich der Summe sämmtlicher Widerstände R d. i.

$$R = M'^2 = n^2 F'^2 \text{ und auch } v = \frac{z n E - B \sqrt{R}}{k n^2 \sqrt{R}}.$$

Der Druck R der Maschine wächst demnach mit dem Quadrate des Stromes, welcher durch das Galvanometer gemessen wird, das die Function des Manometers bei den Dampfmaschinen vertritt.

Die Totalarbeit T ist das Product aus den Widerständen in die gleichförmige Geschwindigkeit.

$$T = v R = \frac{n z E \sqrt{R} - B R}{k n^2}; \; \frac{d T}{d R} = o \text{ gibt } R = \frac{n^2 z^2 E}{4 B^2}; \; T_m = \frac{z^2 E^2}{4 k B}$$

$$T = v M'^2 = \frac{v n^2 z^2 E^2}{(k n^2 v + B)^2}; \; \frac{d T}{d v} = o \text{ gibt } v = \frac{B}{k n^2}; \; T_m = \frac{z^2 E^2}{4 k B}.$$

Das Maximum des mechanischen Effectes ist in beiden Fällen dasselbe, ändert sich mit z^2, E^2, B und einem Factor k, welcher von der Beschaffenheit des Eisens, der Form und Anordnung der Stäbe, der Entfernung ihrer Enden abhängt, aber nicht mit

der Anzahl der Windungen; je grösser diese ist, desto kleiner ist die Geschwindigkeit und desto grösser kann der Widerstand sein. Durch die Anzahl Windungen bringt man das richtige Verhältniss der Geschwindigkeit und der Arbeit heraus, was in den gewöhnlichen Fällen durch Vorgelege geschieht.

Ist in dem Zustande der Ruhe der Zinkverbrauch für den Strom 1 in einer Zelle gleich 1, so ist er für den Strom F in z Zellen gleich $Fz = \frac{z^2 E}{B}$ und für den Strom F' in dem Zustande der Bewegung der Maschine, in z Zellen $= zF' = \frac{z^2 E}{k v n^2 + B}$ und für das Maximum $= \frac{z^2 E}{2B}$ also halb so gross als bei der Ruhe.

Den ökonomischen Effect O erhalten wir durch Division des Nutzeffectes durch den Zinkverbrauch, also $O = \frac{T_m}{F'z} = \frac{E}{2k}$. Dieser Effect ist eine constante Grösse.

Dr. Hehl.

Zur genaueren Kenntniss mehrerer hier angeführter Gegenstände wird auf die schönen Arbeiten von Riess, Lenz und Jacobi in Pogg. Ann. verwiesen.

I. Lehrverfassung

für das Schuljahr von Michaelis 1845 bis 1846.

III. Classe.

Algebra und Reihen.

Stereometrie und Trigonometrie.

Naturgeschichte. Im Winter Zoologie und Mineralogie und im Sommer Botanik.

Geographie.

Deutsche Sprache. Stylübungen, Grammatik, Erklärung deutscher Musterstücke.

Französische Sprache. Uebersetzen aus dem Französischen ins Deutsche. Grammatik und Syntax in beständiger Verbindung mit schriftlichen Uebungen.

Englische Sprache. Lese-Uebungen, Formenlehre, Uebersetzen aus dem Englischen in's Deutsche und umgekehrt.

Geometrisches Zeichnen, als Vorbereitung für den eigentlich technischen Theil des Zeichnen-Unterrichts in den beiden oberen Classen.

Planzeichnen.

Freies Handzeichnen, mit Rücksicht auf die Ausbildung des Augenmasses und des Sinnes für schöne Formen.

Linear- und Formzeichnen, zur Ausbildung des Sinnes für schöne Formen und zur Sammlung geschmackvoller Muster. — Nachbildung von Kunstformen linearer und freier Art, z. B. von Gefässen, Ornamenten, decorativen Architekturtheilen, Geräthschaften, Verzierungen auf Flächen u. s. w.

II. Classe.

Analysis (höhere Gleichungen, Reihen, Interpolation) nebst den Grundbegriffen der Differential-Rechnung.

Analytische Trigonometrie.

Analytische Geometrie, mit besonderer Rücksicht auf die Kegelschnitte.

Practische Geometrie.

Experimental-Physik, mechanischer und chemischer Theil, mit practischen Uebungen.

Experimental-Chemie mit Repetitionen und Arbeiten im Laboratorium.

Mineralogie. Systematische Betrachtungen der einfachen Mineralkörper mit steter Benutzung der Sammlungen. Im zweiten Halbjahr das Wichtigste der Petrographie. Mineralogisches Practicum, Krystallbestimmungen, Löthrohrversuche u. s. w. Excursionen.

Zoologie im Winter.

Botanik im Sommer. Grundzüge des natürlichen Systems, verbunden mit beständiger Uebung im Bestimmen der Gewächse mit Excursionen.

Deutsche Sprache. Stylübungen und Erklärung von Musterstücken.

Französische Sprache. Uebersetzen aus dem Deutschen in's Französische und Uebungen im mündlichen und schriftlichen Ausdrucke.

Englische Sprache. Syntax mit schriftlichen und mündlichen Uebungen, Uebersetzungen als Vorbereitung zum Sprechen.

Kaufmännisches Rechnen.

Anfangsgründe im Maschinen-Zeichnen:

a) Als Vorbereitung das Zeichnen geometrischer Projectionen, mit besonderer Beziehung auf die beim Maschinen-Zeichnen vorkommenden Constructionen.

b) Uebungen im Copiren einzelner Maschinentheile, sowohl mit unverändertem als mit verändert aufgegebenem Maasstabe, nach Leblanc's Methode.

c) Constructionen aller Art gezahnter Räder, Wasserräder, Schrauben, Ventile, Kolben u. s. w.

Linear-, Form- und architektonisches Zeichnen. Weitere Ausbildung durch Copiren geschmackvoller, meist decorativer Kunstformen, mit Rücksicht auf Brauchbarkeit bei Bildung von Industrie-Erzeugnissen, nicht blos nach Zeichnungen, sondern auch nach Abgüssen. Perspective, Schattentraciren, architektonisches Zeichnen.

Freies Handzeichnen. Fortsetzung des Zeichnens nach Vorlegeblättern, Gypsfiguren, geometrischen Körpern und nach der Natur.

I. Classe.

Differential-Rechnung (mit ihrer Anwendung auf die grössten und kleinsten Werthe der Functionen) und Integral-Rechnung. Fortsetzung der analytischen Geometrie mit Hülfe der höheren Mathematik, wo krumme Linien und Flächen und von solchen begrenzte Räume ausgemessen werden. Zur ferneren Uebung die wichtigsten Sätze der analytischen Mechanik.

Technische Mechanik. Statik und Mechanik, mit Anwendungen auf einfache Maschinen.

Hydraulik. Pneumatik. Zusammengesetzte Maschinen-Anlagen, mit Beispielen aus den Gewerben. Excursionen in Fabriken.

Technische Chemie. Holzverkohlung, Brennmaterial überhaupt, Fabrikation von Pottasche, Soda, Alaun, Salpeter, Kochsalz, Farben, Säuren u. s. w., Thonwaaren, Porzellan, Glas, Zucker, Stärke, Branntwein, Bier, Essig, Seife, Gerberei, Färbekunst, Bleicherei u. s. w. — Hüttenmännische Gewinnung der wichtigsten Metalle, mit Excursionen in Fabriken.

Practische Chemie. Analytische und synthetische Arbeiten im Laboratorium mit besonderer Rücksicht auf technische Producte.

Geognosie. Benutzungen der petrographischen Sammlungen. Im zweiten Halbjahr das Wichtigste der Geologie und Petrefactenkunde. Excursionen.

Physische Geographie.

Physiologie der Thiere, namentlich der Hausthiere (im Winter).

Physiologie der Gewächse, mit besonderer Anwendung auf Land-, Forst- und Gartenbau (im Sommer).

Sprach-Unterricht wie in der zweiten Classe.

Maschinen-Zeichnen. Aufnehmen von Maschinen durch Vermessung und Reinzeichnung. Anfertigungen von Werkzeichnungen für Theile aus gegebenen complicirten Maschinen. Perspectivische Darstellung von Maschinen.

Linear-, Form- und architektonisches Zeichnen wie in der zweiten Classe.

Kaufmännische und landwirthschaftliche Buchführung, verbunden mit kaufmännischem Rechnen, Wechselkunde u. s. w.

Die Vertheilung der Unterrichts-Gegenstände ist aus dem beigefügten Lectionsplane ersichtlich.

In Bezug auf die Organisation der Anstalt wird Folgendes bemerkt:

Dispensationen von einzelnen Unterrichts-Gegenständen in der III. Classe werden nur in besonderen Fällen und nicht ohne Zustimmung der Eltern oder Vormünder der Schüler ertheilt.

Das Schulhonorar beträgt
in der I. Classe 7 Thaler.
„ „ II. „ 5 „
„ „ III. „ 4 „.

vierteljährig, und ist pränumerando an den Rechnungsführer der höhern Gewerbschule zu zahlen. Schüler zweiter Klasse, welche an den Arbeiten im chemischen Laboratorium Theil nehmen, zahlen das Honorar der ersten Classe.

II. Chronik der höheren Gewerbschule

vom Schuljahr 1844 — 1845.

1) Der bisherige beauftragte Lehrer für Sprachunterricht *Dr. Carl Hinkel* ist durch höchstes Rescript vom 3. April 1845 zum ausserordentlichen Professor für die abendländischen Sprachen an der Landes-Universität zu Marburg gnädigst bestellt und
2) zufolge Beschlusses Kurfürstlichen Ministeriums des Innern, vom 14. Mai 1845 durch höchste Entschliessung gnädigst genehmigt worden, dass der mit dem Unterrichte in der englischen Sprache bei der höheren Gewerbschule beauftragte Lehrer *Eduard Thornton*, auch mit der Ertheilung des Unterrichts in der französischen Sprache bei der höheren Gewerbschule, beauftragt werde.
3) Der bis dahin mit den Geschäften eines Secretars, Repositars, Expedienten und Rechnungsführers bei der Inspection der höhern Gewerbschule beauftragt gewesene Probatur-Gehülfe *Johann Conrad Horche* ist zufolge höchsten Reseripts vom 29. Mai 1845 zum Rechnungsführer der Landschulkasse für die Provinz Niederhessen gnädigst bestellt worden.
4) Zufolge Beschlusses Kurfürstlichen Ministeriums des Innern vom 8. Juli 1845 ist der Repositar-Gehülfe bei dem Consistorium dahier *von Numers* mit der Versehung der Geschäfte eines Secretars, Repositars, Expedienten und Rechnungsführers bei der Inspection der höheren Gewerbschule beauftragt worden.
5) Mit Rücksicht auf das Fortschreiten der vorbereitenden Real-Anstalten und um zugleich den Lehr-Gegenständen der oberen Classen der höheren Gewerbschule

einen grösseren Raum zu verschaffen, sind, mit höherer Genehmigung, die Anforderungen für die Aufnahme in die 3te und bezw. 2te Classe dieser Anstalt angemessen gesteigert worden.

6) Die Anstalt erhielt von dem Maurer- und Steinhauermeister Herrn Heinrich Wilhelm Peilert zum Geschenk ein Modell in Gyps zu einem Gebäude in corinthischem Styl, wofür demselben hierdurch öffentlich gedankt wird.

III. Statistische Uebersicht

vom Schuljahr 1844 — 1845.

Zu Anfange dieses Schuljahres besuchten die höhere Gewerbschule 111 Schüler, von welchen 24 der ersten, 39 der zweiten und 48 der dritten Classe angehörten. Es traten im Laufe des Schuljahres freiwillig aus: aus der I. Classe 5, aus der II. Classe 4 und aus der III. Classe 5 Schüler und es beträgt mithin die Schülerzahl am Schlusse des Cursus 1844 — 45, einschliesslich der im Laufe desselben noch aufgenommenen Schüler, überhaupt 98, wovon 19 der ersten, 35 der zweiten und 44 der dritten Classe angehören.

Von denjenigen Schülern, welche am Schlusse des Cursus Abgangs-Zeugnisse erhalten, widmen sich:

a) aus der ersten Classe:

Johann Friedrich Buhse aus Cassel, *Friedrich Wilhelm Danz* aus Herges-Vogtei, *Johannes Schneider* aus Marburg, *Wilhelm Karl Georg Heinrich Spring* aus Bückeburg dem Bergfach; *Johann Friedrich Ernst Holzapfel* aus Cassel, *Leopold Lessong* aus Cassel, *Wilhelm Anton Tollberg* aus Stadt Worbis bei Heiligenstadt der Chemie; *Franz Joseph Geisse* aus Schmalkalden, *Karl Georg Ludwig Hermann Wachenfeld* aus Schmalkalden dem Baufach; *Ludwig Karl August Grethmann* aus Cassel, *Georg Heinrich Thomas* aus Frankfurt dem Ingenieurwesen; *Gustav Heinrich Friedrich Ludwig Hartwig* aus Cassel dem Maschinen- und Hüttenwesen; *Albertinus Volbert Adler* aus Cassel, *Heinrich Schade* aus Cassel, *Friedrich Rudolph Schäfer*

aus Cassel, *Georg Heinrich Stückrath* aus Cassel dem Lehrfach; *Hermann Ludwig Wilhelm Karl Hugo Vogel* aus Cassel den Naturwissenschaften; *Christian Wilhelm Friedrich Briede* aus Cassel der Oekonomie.

b) aus der zweiten Classe:

Karl Philipp Bramer aus Karlshafen, *Hermann Friedrich Ludwig Elias Schuhwirth* aus Rotenburg, *Karl Friedrich Wilhelm Stern* aus Marburg dem Baufach; *Friedrich Wilhelm Schmidt* aus Varenholz im Fürstenthum Lippe dem Maschinenwesen; *Peter Joseph Fabra* aus Fritzlar, *Johann Christian Kröschel* aus Allendorf, *Heinrich Nicolaus Reuter* aus Cassel, *Georg Wilhelm Rossbach* aus Melsungen dem Vermessungswesen; *Ferdinand Claus* aus Elgershausen, *Friedrich Christian Beck* aus Kohlgrund im Fürstenthum Waldeck dem Forstfach.

Die öffentliche Prüfung für den laufenden Jahrescursus erfolgt in den Tagen des 11. und 12. August Morgens von 9 — 12 Uhr im Locale der Schulanstalt, wozu hiermit ergebenst eingeladen wird.

Die Prüfung der zu Michaelis aufzunehmenden Schüler ist auf den 25. 26. und 27. September Morgens 8 Uhr im Schullocal festgesetzt und es beginnt darauf der Lehrcursus Montags den 29. September 1845.

Cassel, den 9. Juli 1845.

Kurfürstliche Inspection der höheren Gewerbschule.

Dr. **Hehl.** Dr. **Burhenne.**

Lectionsplan der höheren Gewerbschule in Cassel

für den Jahres-Cursus von Michaelis 1845 bis Michaelis 1846.

I. Classe.

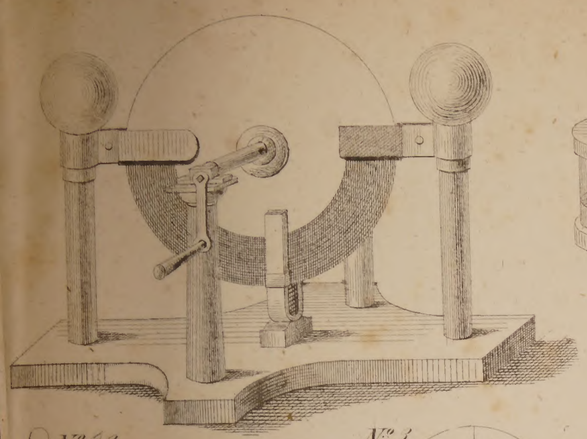
	8 — 9.	9 — 10.	10 — 11.	11 — 12.	2 — 3.	3 — 4.	4 — 5½
Montag.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Technische Mechanik. *Hehl.*	Geognosie. *Dunker.*	Englisch. *Thornton.*	Maschinen-Zeichnen. *Pfläging.*		Buchhaltung. *Allenberg.*
Dienstag.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Technische Mechanik. *Hehl.*	Physiologie. *Philippi.*	Geognosie. *Dunker.*	Französisch. *Thornton.*	Englisch. *Thornton.*	Technische Chemie. *Winkelblech.*
Mittwoch.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Physische Geographie. *Philippi.*	Architektonisches Zeichnen. *Wolff.*		Practische Chemie. *Winkelblech.*		
Donnerstag.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Technische Mechanik. *Hehl.*	Deutsch. *Kratz.*	Französisch. *Thornton.*	Maschinen-Zeichnen. *Pfläging.*		Buchhaltung. *Allenberg.*
Freitag.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Technische Mechanik. *Hehl.*	Physiologie. *Philippi.*	Geognosie. *Dunker.*	Praktische Chemie. *Winkelblech.*		Technische Chemie. *Winkelblech.*
Sonnabend.	Höhere Mathematik. *Burhenne.*	Technische Mechanik. *Hehl.*	Freies Handzeichnen. *Brauer.*				

II. Classe.

	8 — 9.	9 — 10.	10 — 11.	11 — 12.	2 — 3.	3 — 4.	4 — 5½.
Montag.	Physik. *Hehl.*	Analysis. *Burhenne.*	Zoologie. *Philippi*	Mineralogie. *Dunker.*	Englisch. *Thornton.*	Französisch. *Thornton.*	Theoretische Chemie. *Winkelblech.*
Dienstag.	Physik. *Hehl.*	Analysis. *Burhenne.*	Chemisches Repetitorium. *Winkelblech.*	Zoologie. *Philippi.*	Maschinen-Zeichnen. *Pfläging.*		
Mittwoch.	Zoologie. *Philippi.*	Analytische Geometrie. *Burhenne.*	Praktische Geometrie. *Kühnert.*	Englisch. *Thornton.*	Architektonisches Zeichnen. *Wolff.*		
Donnerstag.	Physik. *Hehl.*	Analysis. *Burhenne.*	Französisch. *Thornton.*	Deutsch. *Kratz.*			Theoretische Chemie. *Winkelblech.*
Freitag.	Physikalisches Repetitorium. *Hehl.*	Analysis. *Burhenne.*	Chemisches Repetitorium. *Winkelblech.*	Zoologie. *Philippi.*	Maschinen-Zeichnen. *Pfläging.*		
Sonnabend.	Physik. *Hehl.*	Analytische Geometrie. *Burhenne.*	Mineralogie. *Dunker.*	Praktische Geometrie. *Kühnert.*	Freies Handzeichnen. *Brauer.*		

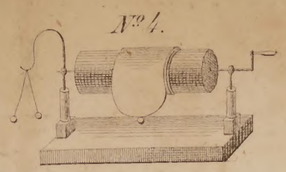
III. Classe.

	8 — 9.	9 — 10.	10 — 11.	11 — 12.	2 — 3.	3 — 4.
Montag.	Geometrie. *Kühnert.*	Geographie. *Kühnert.*	Französisch. *Thornton.*	Zoologie. *Philippi.*		
Dienstag.	Algebra. *Schreiber.*	Geometrie. *Kühnert.*	Mineralogie. *Dunker.*	Deutsch. *Kratz.*	Freies Handzeichnen. *Brauer.*	
Mittwoch.	Algebra. *Schreiber.*	Deutsch. *Kratz.*	Englisch. *Thornton.*	Geographie. *Kühnert.*		
Donnerstag.	Algebra. *Schreiber.*	Geometrie. *Kühnert.*	Geographie. *Kühnert.*	Zoologie. *Philippi.*	Linear- und Formzeichnen. *Wolff.*	
Freitag.	Algebra. *Schreiber.*	Französisch. *Thornton.*	Geometrisches Zeichnen. *Pfläging.*		Planzeichnen. *Dunker.*	
Sonnabend.	Algebra. *Schreiber.*	Deutsch. *Kratz.*	Geometrie. *Kühnert.*	Mineralogie. *Dunker.*	Französisch. *Thornton.*	Engli sch. *Thornton.*

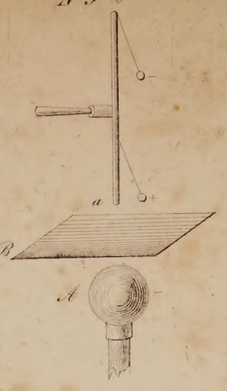


№ 2.

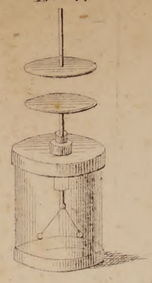
№ 4.



№ 5. b

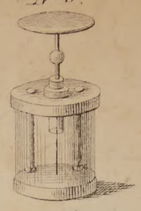


№ 7.

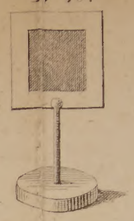


№ 1.

№ 9.

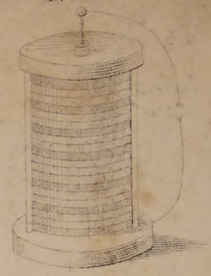


№ 10.



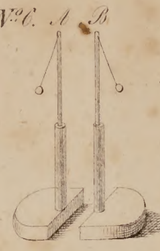
№ 11.

№ 12.

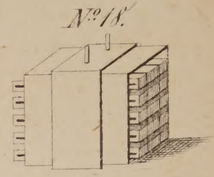


№ 11. b.

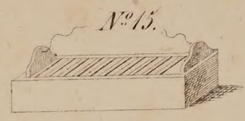
№ 6. A B



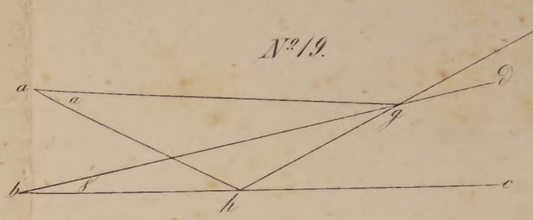
№ 18.



№ 15.



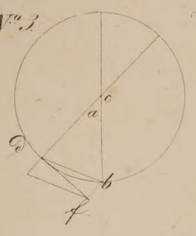
№ 19.



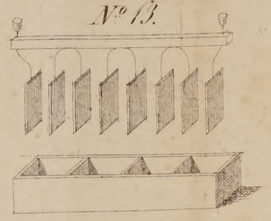
№ 23.

№ 22.

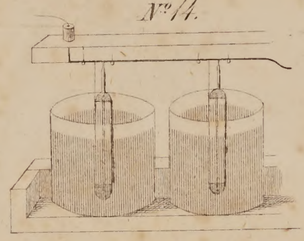
№ 3



№ 13.

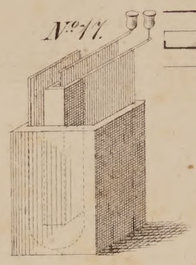


№ 14.

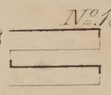


№ 16.

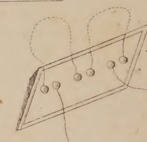
№ 17.



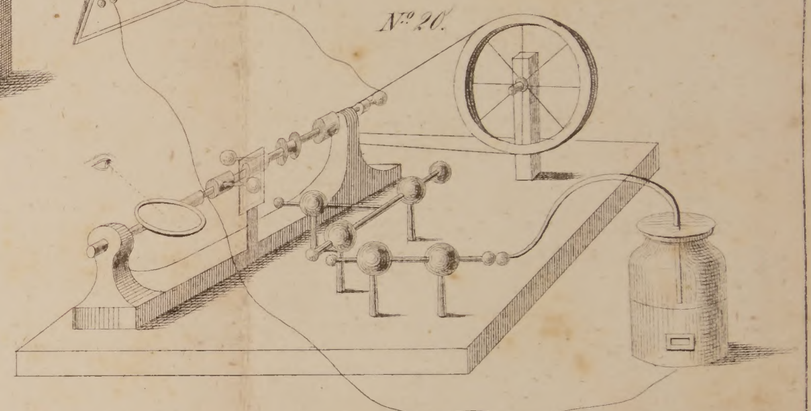
№ 18. b.



20. a.

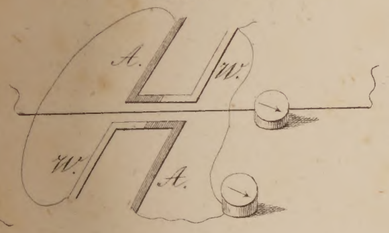


№ 20.

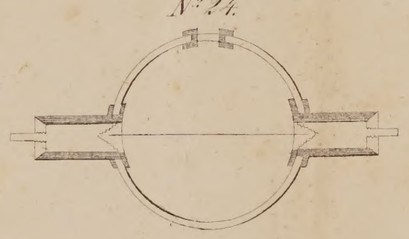


№ 21.

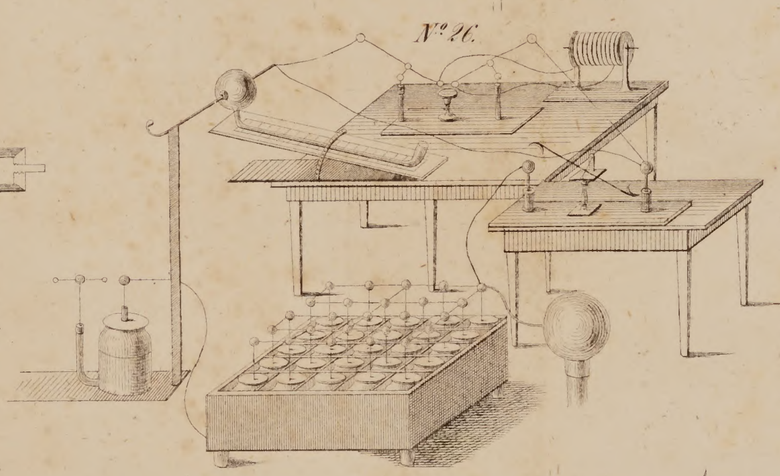
№ 27.



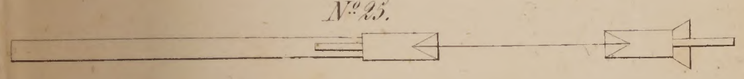
№ 24.



№ 26.



№ 25.



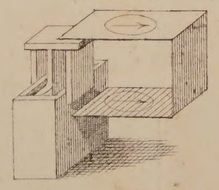
№ 28.

№ 29.

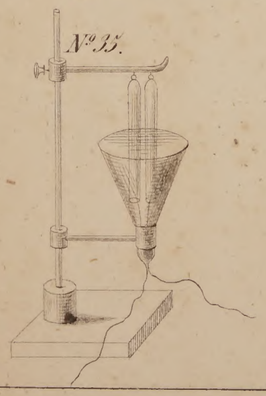
Türkumer, Schnur, Lacmus.
Dient Säuren zu entdecken.
Dient Alkali zu entdecken.
Dient Säuren zu entdecken.

№ 30.

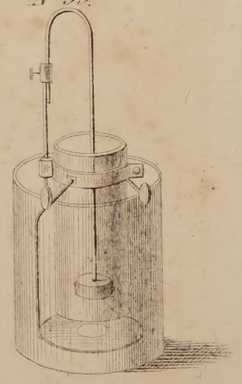
№ 36.



№ 35.



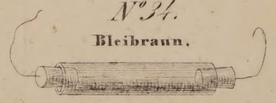
№ 33.



№ 32.

№ 34.

Bleibraun.



Essigsaures Blei.

№ 31.

Dient Wasser zu entdecken Obst zu färben.

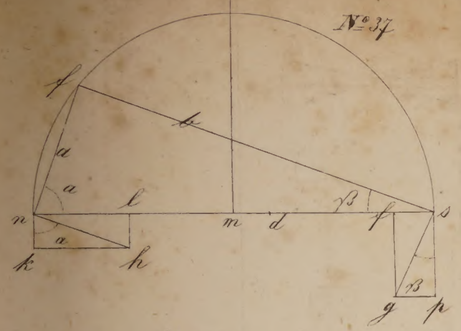
Wasser dient Trauben Ananas Obst zu Obst infusion blau färben gefärbt — weiß zu färben.

weiß zu färben Lacmustinctur

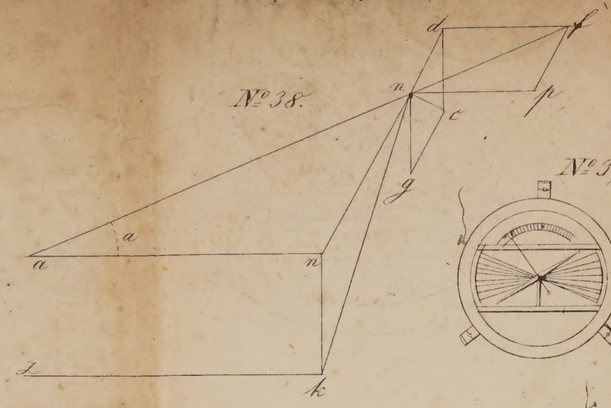
Spattiger Lavastein mit Kupferglanz Farbe Umänderung von Schwefelsäure zum Lavastein in Wasser umwandelt sich

Lit. Anst. v. Th. Fischer.

№37.

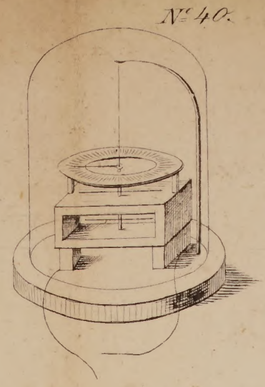


№38.

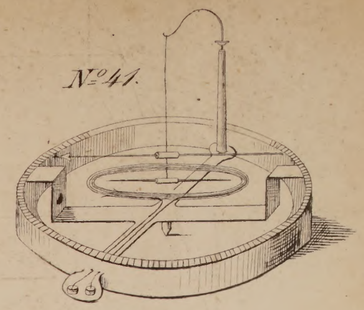


№39.

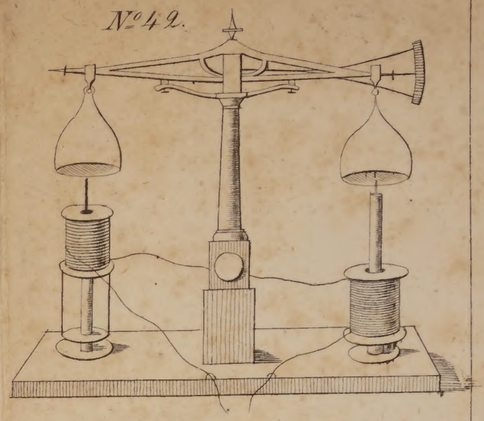
№40.



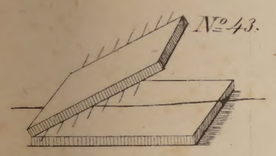
№41.



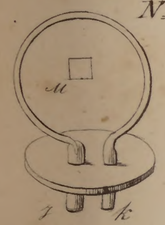
№42.



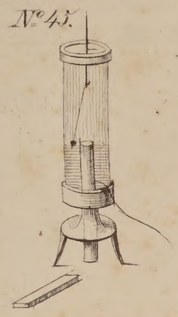
№43.



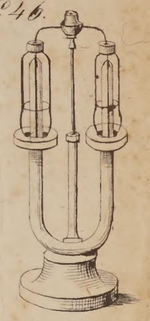
№44.



№45.

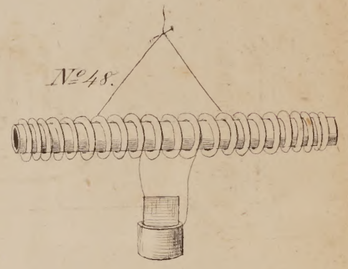


№46.

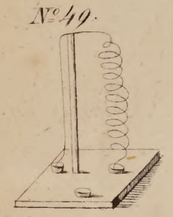


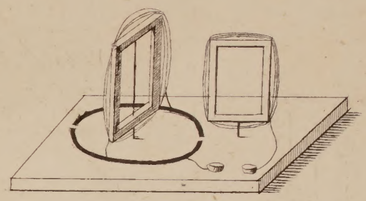
№47.

№48.

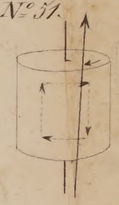


№49.

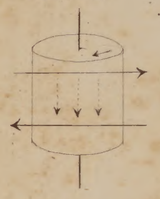




№51.

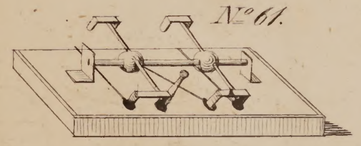


№52.



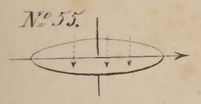
№53.

№61.

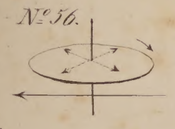


№54.

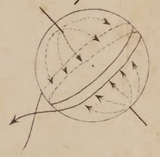
№55.



№56.



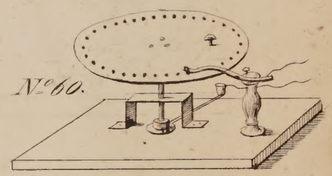
№57.



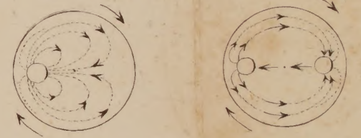
№58.

№59.

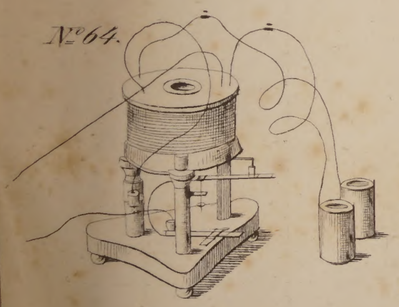
№60.



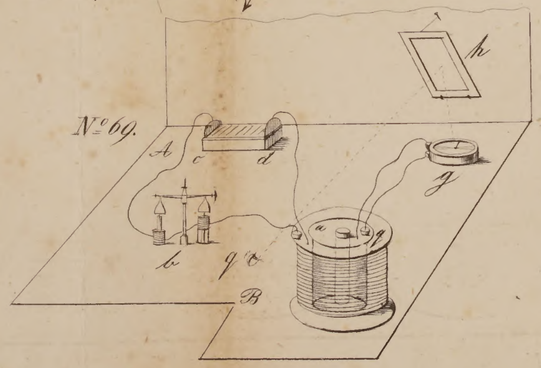
№63.



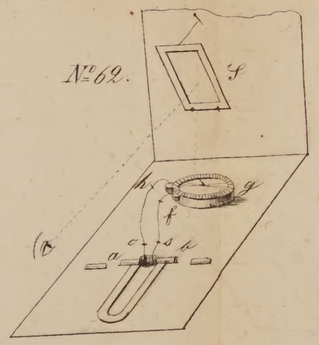
№64.



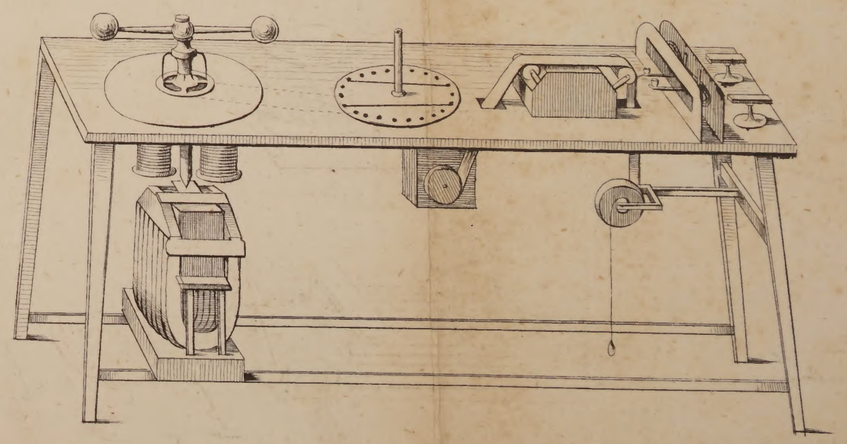
№69.



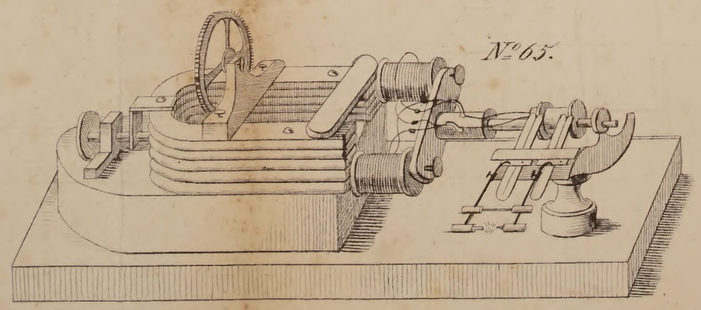
№62.



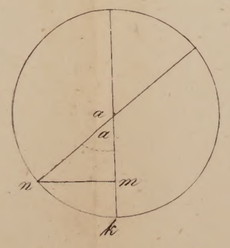
№67.



№65.



№66.



Gz. Pflüging.

Lith. Anst. v. Th. Fischer.